



УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ – ШТИП

ЕДИНИЦА НА УНИВЕРЗИТЕТОТ

ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ

ИНЖЕНЕРСТВО НА ЖИВОТНА СРЕДИНА

Саре Сарафилоски дипл. инж.

Магистерски труд на тема

Модел на реконструкција на процесите на контаминација
во Дамјанско и Лакавичко Поле поврзано со процесирањето
во рудник „Бучим“

Штип 2016

Комисија за оценка и одбрана:

Ментор: Проф. д-р Тодор Серафимовски
Редовен професор, Факултет за природни и технички науки

Член: Проф. д-р Горан Тасев
Факултет за природни и технички науки

Член: Проф. д-р Дејан Мираковски
Факултет за природни и технички науки

Членови на комисија за оценка и одбрана:

Претседател: Проф. д-р Горан Тасев
Факултет за природни и технички науки

Член: Проф. д-р Тодор Серафимовски
Факултет за природни и технички науки

Член: Проф. д-р Дејан Мираковски
Факултет за природни и технички науки

Научно поле:

Научна област:

Датум на одбрана: _____

Датум на промоција: _____

МОДЕЛ НА РЕКОНСТРУКЦИЈА НА ПРОЦЕСИТЕ НА КОНТАМИНАЦИЈА ВО ДАМЈАНСКО И ЛАКАВИЧКО ПОЛЕ ПОВРЗАНО СО ПРОЦЕСИРАЊЕТО ВО РУДНИК „БУЧИМ“

Апстракт:

Процесирањето на рудникот „Бучим“ е долготраен процес кој на овие простори опстојува повеќе од три и пол децении со видни социјални, апликативни, индустриски и научни ефекти, но видни и еколошки ефекти. Ова последново особено доби на значење последните десетина години кога како резултат на европските директиви мораше да се воведат и построги еколошки мерки и контроли на работењето на индустриските капацитети и нивното влијание врз животната средина. На примерот на рудник „Бучим“ тие влијанија беа изразени преку боените проточни води и контаминирани почви околу овој руднички објект. Воведувањето на редовни месечни мониторинзи на води, почви и аерозагадување максимално ја констатираа реалната состојба и овозможија изнаоѓање на конкретно решение. Тоа беше изградбата на инсталација за лужење на бакар во атарот на рудник „Бучим“ кој комплетно го реши загадувањето на површинските води. Ваквата констатација се потврдува со месечниот мониторинг на неколку пиезометри, активни бунари и контрола на протечни води од однапред одбрани геохемиски параметри, кои јасно ја дефинираат еколошката состојба во околината на рудникот „Бучим“. Тие се основа за формирање на научна база која ни служи за компарирање на резултатите во претходниот период, презентна состојба, а ќе ни послужи и за иднина.

Клучни зборови: лужење, рудник за бакар „Бучим“, мониторинг, контаминација.

MODEL RECONSTRUCTION PROCESSES OF CONTAMINATION IN THE FIELD OF DAMJAN AND LAKAVICA RELATED WITH THE PROCESSING OF BUCHIM MINE

Abstract:

The processing of the Buchim mine is a long term process, which persists in this region more than three and a half decades, with apparent social, applicative, industrial and scientific effects, as well as distinguished ecological effects. This last one, especially gained significance, the last ten years, when, as a result of the European Union directives there had to be established more strict ecological measures and control of the activities of the industrial capacities of the mine and their influence upon the environment. According to the example of the Buchim mine, those influences were manifested through the colored surface waters and the contaminated soils around the mining objects. The introduction of regular monthly monitorings of the water, the soil and the aeropolution, had maximally confirmed the real situation and enabled the finding of concrete solution. It was the building of installation for leaching of copper in the area of the Buchim mine which completely solved the pollution of the surface waters. This conclusion is confirmed by the monthly monitoring of couple of piezometres, active wells and the control of the protracted waters of previously selected geochemical parameters, that clearly define the ecological situation in the area of the Buchim mine. They are the foundation for establishing a scientific base which will serve us for comparison of the results in the previous period and the present situation will benefit for future comparison.

Keywords: leaching, Buchim copper mine, monitoring, contamination.

СОДРЖИНА:

1. Вовед.....	7
2. Регионална гео и еко положба на индустрискиот комплекс „Бучим“	10
2.1 Локација на проектот	10
3. Историски развој на процесирањето на Бучимскиот индустриски комплекс	13
4. Работа на рудникот „Бучим“ и придружните капацитети во услови на недефинирани еко-легислативи и директиви	17
5. Состојба на Бучимскиот индустриски комплекс во услови на комплетирање на А-интегрирана дозвола	18
6. Новодефинирани законски легислативи и Европски директиви за индустриски капацитети од типот на hot spot-ови.....	20
7. Бучимскиот индустриски комплекс, како дефиниран контаминент и hot spot (жешка точка) во официјалната еко-карта на Република Македонија	24
7.2 Проценка на влијанието на отпадните води врз квалитетот на површинскиот реципиент	28
8. Дефинирање на степенот на контаминација околу рудникот „Бучим“, просторот на Дамјанско Поле и Лакавичкиот регион, пред изградбата на инсталацијата за лужење на бакар.....	36
9 Изградба на инсталација за лужење	44
9.1 Локација на постројката	44
9.2 Постоечка инфраструктура на локацијата	45
9.3 Проектен концепт.....	48
9.4 Опис на технолошки процес	52
9.5 Технолошки процес	56
9.5.1 Геотехнолошки комплекс.....	58
9.5.2 Основно одлагалиште	58
9.5.3 Одлагалиште за оксидна руда	60
9.5.4 Геотехнолошки комплекс.....	62
10 Сосотојба со еко-влијанијата од процесирањето	65
11 Мониторирање на почви околу индустрискиот комплекс „Бучим“	69
12 Мониторирање на проточни и изворски води долж течението на Крива Лакавица.....	98

13.	Компаративно моделирање на податоците од поедините мониторинзи поврзани со активностите на Бучимскиот индустриски комплекс пред и по изградбата на инсталацијата за лужење на бакар.....	102
14.	Заклучок.....	106
15.	КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА	108

1. Вовед

Експлоатацијата на природните ресурси, кои се од голема важност за економскиот развој на една држава, во целост се одразува на природниот пејзаж што се манифестира преку драстични промени на првобитниот релјеф. Освен позитивните ефекти изразени низ подобрување на материјалната положба и квалитетот на инфраструктурата за жителите од овој регион, рударските активности предизвикуваат и негативни последици изразени пред сè низ нарушување на квалитетот на животната средина, а со тоа и намалување на квалитетот на живеење, како и лимитирање на производните ефекти од некои други стопански гранки (земјоделство и сточарство). Значи се нарушува био-геохемиската рамнотежа и доаѓа до деградација на човековата околина, односно животната средина, која е во директна корелација со експлоатацијата на минералните сировини.

Природните води (површински и подземни) се основен извор од кој се обезбедуваат потребни количини на вода за пиење и за различни индустриски и земјоделски потреби. Испуштањето на загадените отпадни води во природни реципиенти е забрането со закон за да се спречи загадувањето на животната средина, како и поради пореметувањата на еколошката рамнотежа во водените екосистеми.

Моменталната состојба за контаминираноста на биосредината констатирана со бројни поранешни и сегашни геолошки и еколошки истражувања, ја наложува потребата за повисоко ниво на загриженост и третирање на проблемот, што воедно претставува и повод за изработка на овој магистерски труд.

Со оглед на фактот што во времето на проектирање и изградба на рудникот, мерките за заштита на животната средина не биле приоритетно прашање, одредени негативни последици од работењето изразени низ загадувањето на водите, воздухот и почвата се присутни подолг временски период. Особено загрижува фактот, што загадувањето на животната средина, не престанува со сопирање на работните операции, туку напротив се интензивира, поради што е неопходно преземање на системски решенија со ефекти на подолг рок.

Досега во прв план биле контаминациите поврзани со хидројаловиштето, но во последно време сè повеќе се активираат проблемите со контаминацијата на проточните и особено подземните води, како и почвите во низводното течение на Јасенов Дол и влијанието на коповската јаловина.

Иако геолошките и геоморфолошките податоци укажуваат дека овие простори се минерализирани со полиметална минерализација (бакар, злато, молибден, олово, цинк и др.), односно дека на овие простори постои природна контаминација на водите кои ги дренираат овие терени, сепак дополнително контаминирање претставува и работење на рудникот за бакар „Бучим“ и другите придружни индустриски капацитети во неговата непосредна околина.

Флотациските објекти изградени за преработка на бакарна руда користат технологии кои како краен продукт ги имаат флотациските отпадни води кои се депонираат во хидројаловиште, а отаму во кружен систем пак се користат во технолошкиот процес како технолошка вода.

Новата фабрика која е изградена во 2011 година припаѓа на нова технологија со принцип на хидрометалурија или популарно кажано *Лужење* по пат на електролиза каде се добива краен производ катоден бакар.

За докажување на деконтаминација на површински и подземни води ќе се спроведе и мониторинг на неколку пиезометри со цел да се проверат варијациите на нивото на подземните води и да се најдат нивните врски со некои од протечните води кои гравитираат директно од рудникот „Бучим“.

Во контекст на идентификацијата на изворите на загадување од рударските операции, како и на нивните влијанија врз животната средина неопходно е да се направи разлика меѓу историското и моменталното загадување.

Рудникот „Бучим“ започнал со активна експлоатација во 1979 година и непрекинато работел сè до 2001 година, како претпријатие во сопственост на државата. Дополнително овој објект функционира во рамките на приватната компанија до почетокот на 2003 година, кога таа компанија банкротира и производството е времено запрено. Овој рударски комплекс од страна на сегашните сопственици е рестартиран во 2005 година.

Во периодот на проектирање и изградба на рудникот, минимално или никакво внимание не било посветувано на заштитата на животна средина. Како резултат на тој пристап, се направени значителни штети врз животната средина во зоната на влијание на рудникот. Долготрајните емисии на контаминати резултирале со последици, кои сегашните испитувања ги регистрираат.

Испитувањата вршени за изработка на магистерскиот труд се насочени кон процесуирањето во рудник „Бучим“ и изградбата на новата фабрика за добивање на катоден бакар и влијанието врз животната средина од оваа инсталација за лужење.

Значи, ќе се спроведат системски испитувања на води и почви во алувионот на Тополничка и Маденска Река, Дамјанско Поле и река К. Лакавица. Со синтеза на добиените податоци треба да добиеме дополнителни информации кои се компоненти биле пренесувани со водените текови.

За реализација на целите и задачите поставени во овој магистарски труд голема помош и поддршка пружи Проф. д-р Тодор Серафимовски за што особено му се заблагодарувам.

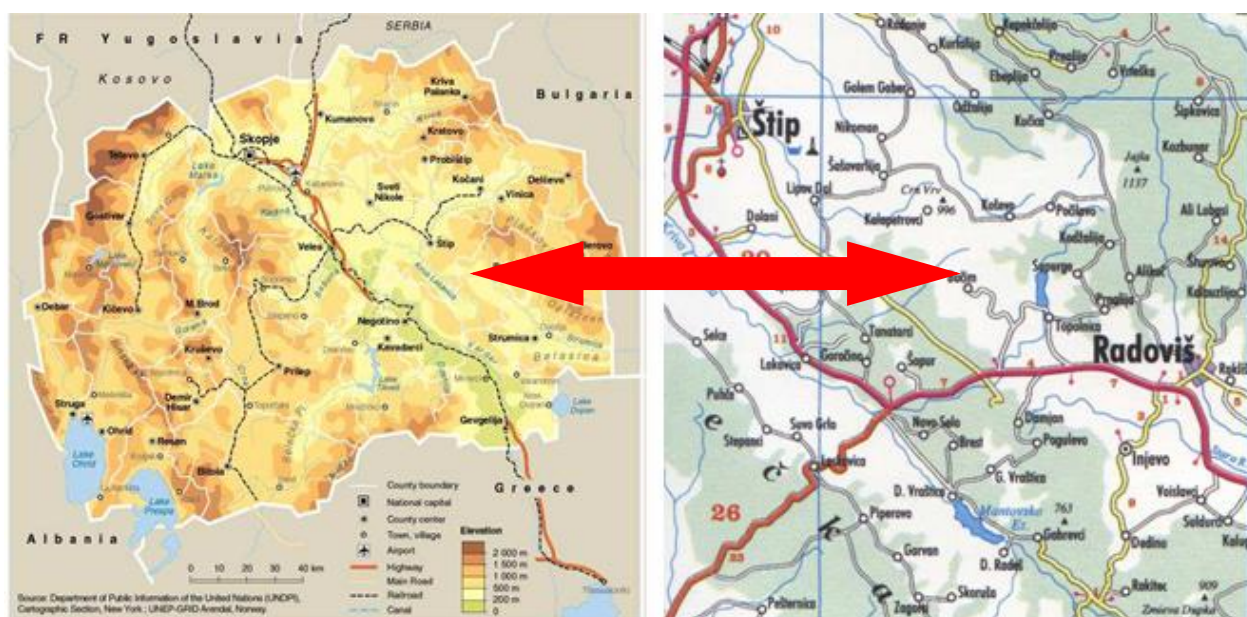
За успешната изработка на овој магистерски труд голем придонес даде менаџерскиот тим на рудникот „Бучим“, на чело со господинот Николајчо Николов Прв заменик генерален директор во рудник „Бучим“, затоа чувствувам потреба да изразам голема благодарност за нивната помош и поддршка. Голема благодарност и до господинот Герасим Конзулов, Директор за производство и екологија во рудникот „Бучим“. Благодарност и до останатите вработени во рудникот „Бучим“ кои ми излегоа во пресрет во извршување на теренските активности. Овде секако од голема помош беше и Доц. д-р Горан Тасев кој го следеше напредувањето на овој магистерски труд и учествуваше со свои сугестии. Искрена благодарност за поддршката при изработката на магистерскиот труд им посветувам на моите најмили, сопругата Марија и синот Милан.

2. Регионална гео и еко положба на индустрискиот комплекс „Бучим“

2.1 Локација на проектот

Рудникот „Бучим“ територијално и административно припаѓа на општина Радовиш. Од градот Радовиш е оддалечен 14 km, а од Штип 30 km. Комуникациската врска на рудникот е добра. Асфалтен пат во должина од околу 3,5 km го поврзува рудникот со регионалниот пат Велес - Штип - Радовиш.

Рудникот за бакар „Бучим“ се наоѓа во непосредна близина на селото Бучим и лежи на јужните граници на планината Плачковица, на мали висински разлики.



Слика 1. Локација на рудникот „Бучим“

Figure 1. Location of mine Buchim

Вкупната површина на општината е 56.77 km². Површината која што е опфатена од инсталацијата е 7 km², од кои 4 km² отпаѓа на одлагалиштата на јаловина, додека преостанатиот дел припаѓа на локациите каде што се поставени ископите за руда.

Клима

Подрачјето во кое припаѓа рудникот, се карактеризира со ниска до средно голема надморска височина, орографска отвореност за долготрајни осончувања и

оскудна висока вегетација. Ова подрачје се одликува со посебен температурен режим. Подрачјето спаѓа меѓу областите со мали годишни количини на врнежи и се одликува со зголемена зачестеност на сушни периоди.

Регионот се карактеризира со ветрови. Зачестените ветрови, високите температури и смалената влажност на воздухот, особено во топлиот дел од годината условуваат високи вредности на потенцијалното и на стварното испарување од слободната водна и почвена површина.

Геолошки карактеристики

Геолошката градба на овој регион е мошне сложена со изразена тектоника. Рудното наоѓалиште Бучим ги зафаќа јужните делови од Бучимското рудно поле. Во геолошката градба на Бучимското наоѓалиште учествуваат главно прекамбриски метаморфни карпи (гнајсеви, микашисти и амфиболити) и терцијарни вулкански карпи. Најзастапени литолошки членови во наоѓалиштето се гнајсевите, кои воедно претставуваат и најповолна литолошка средина за одлагање на рудната минерализација. Во поглед на хидрогеолошките својства, истражуваниот терен не се одликува со поизразени карактеристики. Забележителна е појавата на два потока кои во централниот јужен дел од истражуваниот терен се спојуваат.

Почви

Подрачјето околу рудното наоѓалиште Бучим го карактеризираат почви со релативно низок бонитет. Ова се рефлектира во бројот на застапени растителни видови на површините на кои тие се одгледуваат.

Хидрографија и квалитет на води

Пошироката локација на проектот ја карактеризираат неколку хидролошки структури, почнувајќи од реката Тополница, која со своето мало сливно подрачје го опфаќа теренот на самиот рудник. Тополница се влева во Маденска Река која пак пред патот за Неготино се влева во река Крива Лакавица, која претставува притока на р. Брегалница.

Биолошка разновидност

Специфичните морфолошки, хидролошки, педолошки и климатолошки карактеристики на овој терен, претставуваат лимитирачки фактор за егзистирање на растителните и животински видови, карактеристични и за двата суштински различни биосистеми (копнен и воден). Во тој контекст, посебно лимитирачко влијаније имаат релативно високите природни концентрации на тешки метали во плитките подземни води и почвите, кои се резултат на карактеристиките на матичниот супстракт од кои тие настанале.

Природно наследство

Во Секторската студија за природно наследство, изработена во рамките на Просторниот план на Р. Македонија до 2020 година, во поширокиот регион не постои прогласено, ниту предложено заштитено природно наследство.

Квалитет на воздух

Резултатите од направените мерења укажуваат на влијание од постоечката постројка за руднички активности врз квалитетот на амбиентниот воздух во текот на изминатите години. Меѓутоа, тие јасно укажуваат и на веќе започнат тренд на намалување на влијанието што резултира со подобрување на квалитетот на амбиентниот воздух, односно зголемување на неговиот апсорптивен капацитет. Намалувањето на влијанието најверојатно се должи на имплементацијата на проектни активности за контрола на фугитивните емисии, спроведени од страна на ДПТУ „Бучим“, а во соработка со Програмата за развој на Обединетите Нации (UNDP). Со имплементација на мерките за контрола на емисиите во воздух, предвидени со барањето на ДПТУ „Бучим“ за добивање А интегрирана еколошка дозвола за усогласување со оперативен план за постоечката постројка. Треба да се очекува дополнително намалување на влијанието врз квалитетот на амбиентниот воздух, бидејќи се поставени нови вреќасти филтри на двете клучни емисиони точки (примарно дробење, под отворен склад).

Бучава

Согласно предвидената намена, локацијата на рудникот се наоѓа во подрачје со IV степен на заштита од бучава. Во рамки на подготовката на барањето за добивање А интегрирана еколошка дозвола за усогласување со оперативен план за

постоечката инсталација на ДПТУ „Бучим“, било извршено мерење на амбиентална бучава на 6 мерни места, кои ги опфаќаат и селата Бучим и Тополница, како најблиски чувствителни рецептори на бучава. Според резултатите од мерењата, заклучено е дека работата на инсталацијата нема влијание врз животната средина и луѓето.

Културно и археолошко наследство

На подрачјето кое е предмет на анализа нема регистрирани недвижни споменици на културата (*Експертен елаборат за заштита на недвижното културно наследство* во кој е даден Инвентар на недвижно културно наследство од посебно значење) ажурирани 2003 и 2004 год. Согласно државната урбанистичка планска документација изработена за новата локација, во консултации со Заводот за заштита на спомениците на културата и музеј - Штип во рамките на планскиот опфат детектиран е археолошки локалитет на јужниот дел од опфатот, како и градежна и садова керамика на северниот дел од опфатот. На останатата површина не е констатиран движен или недвижен археолошки материјал.

Население

Територијата на општина Радовиш со 608 km² се вбројува меѓу средно големите општини. Во општина има една градска и 20 селски населби со вкупен број на жители 28 244. Во две населби живеат повеќе од 1000 жители, а во останатите населби живеат помеѓу 300 и 1000 жители. Во пет населби живеат помалку од 50-тина жители.

3. Историски развој на процесирањето на Бучимскиот индустриски комплекс

Активностите во наоѓалиштето Бучим се започнати уште 1952 година кога првпат се издупчени првите две дупнатини на ова подрачје со цел да се провери содржината на бакарот. Систематските истражувања на бакарната минерализација на подрачјето на Бучим се отпочнати 1955 година од страна на геолошката служба на рудникот „Злетово“. Врз основа на податоците од

истражното дупчење, добиени се податоци за средна содржина на бакар од 0,35%, која за тој период била економски исплатлива.

Истражувањата продолжиле во периодот 1960-1962, од страна на Геолошки завод - Скопје, и добиените резултати биле скоро идентични со претходните. Комплексни детални истражувања на Бучимското наоѓалиште се направени во периодот од 1966 до 1971 година.

Врз основа на овие податоци во 1972 година се прави *Елаборат за проценка на рудните резерви во наоѓалиштето*, а после тоа се работи физибилити студија и се гради модерен рудник за експлоатација на бакарна руда.

Во 1979 год. по период на повеќегодишни истражувања на бакарните минерализации во рудниот реон Бучим – Дамјан - Боров Дол, започнува со редовна работа рудникот за бакарна руда „Бучим“ сè до 2003 година кога банкротира; потоа рудникот две години не работи за да во 2005 година биде рестартиран и до ден денешен успешно работи.

Бакарната руда се откопува со технологии на површинска експлоатација. Ископаните јалови маси се допонираат на надворешно одлагалиште, а откопаната руда се процесуира низ технолошкиот процес за примарна преработка и збогатување.

Во овие постројки се врши дробење, сеење, мелење, класирање, флотирање (збогатување), згуснување и филтрирање и складирање на бакарниот концентрат. Бакарниот концентрат во себе содржи околу 21% бакар и 10-15 г/т. злато. Концентратот се транспортира надвор од нашата земја на понатамошна (топилничка) преработка.

Отпадните маси од процесот на флотациската концентрација е флотациска јаловина која со помош на систем на отворен канал гравитациски се носи во депонија на хидројаловиште каде со помош на хидроциклонска пумпна станица се врши класирање на флотациската јаловина на производи, прелив и песок. Со песокот се гради круната на браната, а преливот влегува во таложното езеро каде се врши таложување на цврстата фаза а водената фаза влегува во водено огледало каде водата како повратна рецикулациона се користи како технолошка вода за потребите на погонот флотација.

Со оглед на фактот што во времето на проектирањето и изградбата на рудникот, мерките на заштита на животната средина не биле приоритетно прашање, одредени негативни последици од работењето, изразени низ загадувањето на водите, воздухот и почвата се присутни подолг временски период. Посебно загрижува фактот што загадувањето на животната средина не престанува со сопирање на работните операции, туку напротив се интензивира поради што е неопходно преземање на систематски решенија со ефекти на подолг рок.

Покрај фактот што во последните десетина години се преземени одредени мерки за намалување на овие влијанија од повеќе причини нивниот ефект е лимитиран. Од тие причини, а во согласност со позитивните закони во Р. Македонија, новите сопственици ја иницираа изработката на студија за проценка на влијанието врз животната средина, како основа за имплементација на низа соодветни програмски мерки за заштита, со кои овие негативни импликации можат да се надминат или ублажат на прифатливо ниво.

Во склоп на рудникот за бакар „Бучим“ од Радовиш, во 2011 година беше формирана нова работна единица за производство на катоден бакар.

Идејата, иако стара повеќе децении, кулминираше токму во овој период.

За првпат во историјата на Р. Македонија, се произведе готов производ, катоден бакар со висока чистота и Македонија стана извозник на катоден бакар.

Лужењето е процес на хидрометалуршка преработка на благородни метали, бакар, ураниум и др. метали, познат скоро еден век. Преку ваква хидрометалуршка обработка на раствори во кои е присутен саканиот метал се добива скоро 100% чист метал.

Во светот постојат различни типови на лужење, а кај нас се применува таканареченото купово лужење, кое се состои од големи површини на купови од руда и јаловина, покриени со специјални системи за оросување.

Конкретно, во погонот за лужење при рудникот „Бучим“, со електролиза се добива катоден бакар со висок степен на чистота.

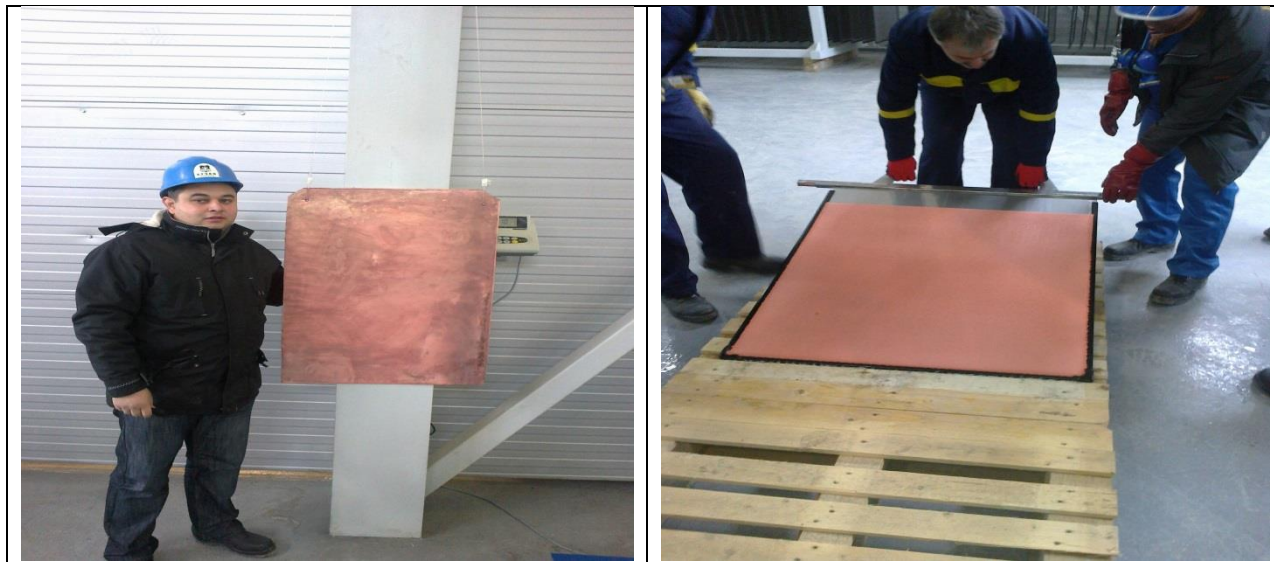
Процесот за добивање на катоден бакар е комплексен и се состои од неколку степени:

- Лужење на оксидна и сулфидна руда;
- Сорпција (јонска измена) и десорпција (регенерација);
- Течна (солвентна) екстракција;
- Електролиза;
- Враќање на растворот назад на куповите.

Бидејќи сите раствори се враќаат назад на куповите (одлагалиштата), заедно со сите пропратни елементи и соединенија, освен бакарот, значи се работи за затворен систем на работење од кој нема отпадни води.

На таков начин се врши заштита на животната средина и се доискористува рудата од преостанатите технолошки процеси.

Готовиот производ се состои од листови со дебелина од околу 5mm и површина од околу 0.8m². Катодниот бакар е со висока чистота и во целост ги исполнува нормите за квалитет на Лондонската берза (LME London metal exchange). Годишното производство изнесува околу 2000 тони катоден бакар и целосно е наменето за извоз.



Слика 2. Фотографии на првите извадени катоди во погонот Лужење

Figure 2. Photographs taken of the first cathode in pickling Luzhenje

4. Работа на рудникот „Бучим“ и придружните капацитети во услови на недефинирани еко-легислативи и директиви

Денес рудничкиот отпад се создава речиси во секоја држава низ светот. Во многу земји во развој искористувањето на минералните сировини е од голема важност за економскиот пораст, вработувањето и за развојот на инфраструктурата. Во овие нации во развој и во поранешните комунистички држави еколошкото управување со комуналниот, индустрискиот или со рудничкиот отпад често не се уредува со закон, лабаво се уредува, се уредува но не се извршува или пак, сосема се надгласува од економски причини. Строгото еколошко управување со отпадот и законското уредување на рударската дејност сè уште претставуваат луксуз што може да си го дозволат само богатите индустријализирани нации.

Многу од најсиромашните земји и заедници во светот трпат последици од своето занаетчиско рударство и од рудничкиот отпад што се создава со него. Рударското работење се нарекува занаетчиско тогаш кога се применуваат примитивни рударски техники, а не се применува современа технологија. Таквото мало по обем рударство се смета дека зафаќа 15-20% од светското производство на негоривни минерални сировини (Кафвембе и Веси, 2001). Занаетчиското рударење бара многубројна работна рака, така што вработува од 11,5 до 13 милиони луѓе низ светот, а се смета дека речиси 100 милиони луѓе во светот живејачката ја добиваат преку занаетчиското рударство (Кафвембе и Веси, 2001). Законски неуредената рударска дејност и ненадзорното ослободување од рудничкиот отпад предизвикуваат штети за животната средина во близината на рудниците и на поголема оддалеченост околу нив во водите, почвите и воздухот.

Називот руднички отпад наведува дека материјалот не поседува тековна економска вредност и дека е непожелен нуспроизвод од рударењето. Но, некои руднички отпадоци може да станат и корисни, и ова се потврдува од самите почетоци на рударската и на топилничката дејност. Освен тоа, иако отпадот од рударското стопанство бил, општо земено, некорисен во времето кога настанал, тој и понатаму може да содржи сировински состојки. Неповолната економска состојба, неделотворната преработка, технолошките

ограничувања или пак, минералошките чинители се некои од причините што суровинските состојки не биле во целост извлечени од рудата во моментот на нејзиното ископување. Во минатото, неделотворните постапки за преработка на минералните суровини и слабото извлекување на металите создале отпад од прилично висока содржина на метал во него. Во некои случаи, старата јаловина и куповите отпадна карпа што во едно време се сметале за некорисни сега одново се рударат со посовремени рударски постапки. Ваквиот пристап широко се применува во рударството.

Значи, променетите околности може да придонесат одреден отпад да стане корисно добро или зашто економскиот учинок сега евозможен поради напреднатата технологија, или пак, зашто сега постои пазар за оние материјали што претходно се сметале за непотребни. Она што за некои рудари претставува отпад, може да стане многу важна и корисна суровина за другите рударски работи, сега или во иднина.

Вчерашниот отпад може да стане денешна суровина.

(Бернард Г. Лотермозер, *Руднички отпад*).

5. Состојба на Бучимскиот индустриски комплекс во услови на комплетирање на А-интегрирана дозвола

Рудничките води од јаловинските брани, одлагалиштата на руднички отпад, излужените купови и од рудните резерви не треба да се испуштаат надвор од рударските средини зашто содржат суспендирани цврсти честички и растворени загадувачи, како што се киселините, солите, тешките метали, полуметалите и сулфатите. Ненадгледуваното испуштање на АМД – водите во околната средина може да влијае на површинските води, на водниот жив свет, на почвите, на тињата и на подземните води (Лотермозер, 2007). Штом еднаш ќе започне, постапката на АМД станува непрекинат и потенцијално тежок извор на загадување од рудникот, кој може да истрае долго по запирањето на рударските работи (Лотермозер, 2007). Напуштените стари рудници што сè уште испуштаат АМД – води се голем трошок за голем број влади во светот. Обврските за старите АМД низ светот се проценува дека изнесуваат 4.000 милиони долари во Канада, 2.000-3.500 милиони долари во САД, 6.000 милиони долари за рудниците на ураниум во

поранешна Источна Германија, 300 милиони долари во Шведска и 500 милиони долари во Австралија (Херис, 1997). Вкупните светски обврски врз основа на АМД најверојатно преминуваат 10.000 милиони американски долари. Само во Соединетите Американски држави за пречистување на АМД – водите рударското стопанство секој ден троши над 1 милион долари (Brown et al. 2002). Пораката е јасна: секогаш е многу поскапо и многу потешко да се решаваат АМД – проблемите откако веќе еднаш ќе се појават отколку да се надгледува нивното создавање по пат на технологии за спречување на сулфидната оксидација (Лотермозер, 2007).

Од тие причини преку примерот на рудникот „Бучим“ ќе ги прикажеме основните измени кај површинските и подземните води при експлоатација на цврстите минерални сировини, како и стратегиите за управување со рудничките води. Според националниот план за управување со отпад, подготвен од Министерството за животна средина и просторно планирање (МОЕПП), во 2005 год. вкупната количина на отпад кој е лоциран во рамките на концесискиот простор на рудникот „Бучим“ е 196.000.000 t, површината покриена со отпад е 900.000 m², што значи дека значителни количини на рудничка и флотациска јаловина се акумулирани во пошироката рударска област. Покрај цврстиот отпад, отпадни води се генерирани како отпадни води од флотација, кисели руднички дренажни отпадни води и отпадни води излужени од површинскиот коп.

Прашината од флотациската брана е отпадот што го загадува воздухот. Водите во Тополничка Река, Маденска Река и Крива Лакавица се исто така погодени, како и талозите во речните сливови и површинските почви. Следењето на рудничките води во голема мера се заснова на анализа и на мерење на подземните, шуплинските и на површинските води на подолг период зашто нивната хемија обично се менува со текот на времето (Лотермозер, 2007).

Следењето на водите во рударското работилиште и близу до него е потребно за:

- а) да ги одреди природните појдовни состојби;
- б) да го препознае раното присуство на растворени, или суспендирани состојки, или промените кон нив;
- в) да се прифати испуштената вода да исполнува одредени стандарди за квалитет на водата;
- г) да го заштити квалитетот на водените сировини во околината и
- д) да обезбеди потврда дека мерките за надгледување на АМД од

сулфидната оксидација дејствуваат согласно намената (Лотермозер, 2007).

Утврдувањето на појдовните податоци е особено важно зашто некои сулфидни рудни тела е можно да претрпеле природна оксидација пред да започнат рударските работи. Подземните и површинските води во овие средини може природно да се збогати со сулфати, метали и со полуметали. Од суштинска важност е да се знае хемијата на водите, на почвите и на тињата во даденото подрачје пред започнување на рударските работи. Во спротивно, надлежните власти може погрешно да протолкуваат дека затекнатите природни геохемиски промени се последица на рударењето и да наметнат непотребна (и неправична) поправка на состојбите.

6. Новодефинирани законски легислативи и Европски директиви за индустриски капацитети од типот на hot spot-ови

Експлоатацијата на минерални сировини и минералната технологија предизвикуваат низа проблеми во непосредното опкружување, како што се заземањето на земјоделско и шумско земјиште, поместување на населби, сообраќајници, водотеци, објекти и друго. Исто така, се придонесува за загадување на животната средина (воздухот, водата и др.). Имајќи го предвид сево ова, потребно е благовремено и сеопфатно решавање на овие проблеми во сите фази на планирање, проектирање и контрола на производството. Поради негативните влијанија на рударството врз водите, почвата и воздухот, а со тоа и врз човекот и животната средина, неопходна е потребата за воведување на законска регулатива за заштита на животната средина од рударството.

Крајната и долгорочна цел во областа на животната средина е создавање и примена на прописи во областа на животната средина во нашата земја, усогласени со важечките закони во ЕУ.

Еден од најголемите проблеми во еколошкиот сектор е недостатокот од имплементацијата и практичната примена на законодавството во областа на животната средина. Од оваа перспектива, развојот на обемното материјално законодавство во областа на животната средина по пат на осовременување на

критериумите за утврдување на граничните големини на емисија или унапредување на стандардите за оценка на квалитетот во областа на животната средина е секундарна цел. На тој начин основната активност ќе се насочи на развојот на имплементација и практична примена во областа на животната средина усогласени со стандардите на ЕУ. Најважни правни инструменти на ЕУ се директивите кои се однесуваат на изработка на студија за влијанието на животната средина (Environmental Impact Assessment -EIA Directive и Strategic Environmental Assessment -SEA Directive)

Во Р. Македонија за регулирање на заштитата на животната средина постојат повеќе закони и подзаконски акти донесени според директивите на Европската унија.

Домашна регулатива:

- Устав на Република Македонија („Службен весник на РМ“ бр. 52/91, 01/92, 31/98, 91/01, 84/03 и 107/05) и Уставниот закон на Р. Македонија („Службен весник на РМ“ бр. 52/91 и 4/92);

Законодавство во сферата на животната средина:

- Закон за животната средина („Службен весник на РМ“ бр. 53/05, 81/05 и 24/07)
 - Уредба за определување на проектите и за критериумите врз основа на кои се утврдува потребата за спроведување на постапката за оцена на влијанијата врз животната средина („Службен весник на РМ“ бр. 74/05)
 - Правилник за информациите што треба да ги содржи известувањето за намерата за изведување на проектот и постапката за утврдување на потребата од оцена на влијанието врз животната средина на проектот („Сл.весник на РМ“ бр. 33/2006)
 - Правилник за содржината на барањата што треба да ги исполнува студијата за оцена на влијанието на проектот врз животната средина („Сл. Весник на РМ“ бр. 33/2006)

- Правилник за содржината на објавата на известувањето за намерата за спроведување на проект, за решението од потребата за оцена на влијанието врз животната средина, на студијата за оцена на влијанието на проектот врз животната средина, на извештајот за соодветноста на студијата за оцена на влијанието на проектот врз животната средина и на решението со кое се дава согласност или се одбива спроведувањето на проектот како и начинот на консултирање на јавноста („Сл. весник на РМ“ бр. 33/2006)
- Правилник за формата, содржината, постапката и начинот на изработка на извештајот за соодветноста на студијата за оцена на влијанието на проектот врз животната средина како и постапката за овластување на лицата од Листата на експерти за оцена на влијанието врз животната средина кои ќе го изготват извештајот („Сл. Весник на РМ“ бр. 33/2006)
- Уредба за определување на активностите на инсталациите за кои се издава интегрирана еколошка дозвола, односно дозвола за усогласување со оперативен план и временски распоред за поднесување на барање за дозвола за усогласување со оперативен план („Сл. весник на РМ“ бр.89/05)
- Закон за квалитет на амбиенталниот воздух („Службен весник на РМ“ бр. 67/04 и 92/07)
 - Правилник за критериумите, методите и постапките за оценување на квалитетот на амбиенталниот воздух („Службен весник на РМ“ бр. 67/04)
 - Уредба за гранични вредности на нивоа и видови на загадувачки супстанции во амбиенталниот воздух и прагови на алармирање, рокови за постигнување на граничните вредности, маргини на толеранција за гранична вредност, целни вредности и долгорочни цели („Службен весник на РМ“ бр. 22/05)
- Закон за води („Сл. весник на РМ“ бр. 4/98, 19/00, 42/05, 46/06) и нов Закон за води („Сл. весник на РМ“ бр. 87/08, 6/09 и 161/09)
 - Уредба за класификација на водите („Службен весник на РМ“ бр. 18/99)

- Уредба за категоризација на водотеците, езерата, акумулациите и подземните води („Службен весник на РМ“ бр. 18/99 и 71/99)
- Закон за управување со отпад („Службен весник на РМ“ бр. 68/04, 71/04 и 107/07)
 - Листа на отпади („Службен весник на РМ“ бр. 100/05)
- Закон за управување со пакување и отпад од пакување („Службен весник на РМ“ бр. 161/09)
- Закон за заштита од бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр. 79/2007)
 - Правилник за локациите на мерните станици и мерните места („Службен весник на РМ“ бр. 120/08)
 - Правилник за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр. 147/08)
 - Одлука за утврдување во кои случаи и под кои услови се смета дека е нарушен мирот на граѓаните од штетна бучава („Службен весник на РМ“ бр. 01/09)
- Закон за заштита на природата („Службен весник на РМ“ бр. 67/04, 14/06 и 84/07)

Друго релевантно законодавство:

- Закон за локална самоуправа („Службен весник на РМ“ бр. 05/02)
- Закон за просторно и урбанистичко планирање („Службен весник на РМ“ бр. 24/08 и 91/09)
 - Правилник за стандарди и нормативи за планирање на просторот („Службен весник на РМ“ бр. 69/99)
 - Правилник за поблиска содржина, размер и начин на графичка обработка на урбанистичките планови („Службен весник на РМ“ бр. 78/06 и 140/07)
- Закон за градење („Службен весник на РМ“ бр. 130/09)
- Закон за заштита на културното наследство („Службен весник на РМ“ бр. 20/04 и 115/07)
- Закон за експропријација („Службен весник на РМ“ бр. 33/95, 20/98, 40/99, 31/03, 46/05 и 10/08)

7. Бучимскиот индустриски комплекс, како дефиниран контаминент и hot spot (жешка точка) во официјалната еко-карта на Република Македонија

Законска основа и заштита на водите на Република Македонија

Со Уставот на Република Македонија водата е дефинирана како национално добро од општ интерес и како единствен извор што не може да се замени со ништо друго, и е ставен под посебна заштита. Со оглед на тоа што без ефикасно управување со водите не може да се смета на засилено земјоделско производство на здрава храна, на доволни количества квалитетна вода за населението и за индустријата, се наметнува потребата сите државни институции и јавни претпријатија вклучени во оваа област да ја преземат законската обврска при дефинирањето на стратегијата за развој на водните ресурси за нивното рационално користење, заштита и за одржување на квалитетот.

Уставот и законодавството на Република Македонија го определува правниот режим на водите во неколку правни рамки. Уставот во член 56 определува дека сите природни богатства на Републиката, растителниот и животинскиот свет, добрата во општа употреба како и предметите и објектите од посебно културно и историско значење, определени со закон, се добра од општ интерес за Републиката и уживаат посебна заштита.

Согласно постојната законска регулатива:

Според чл. 8 од Законот за заштита и унапредување на животната средина („Сл. весник на РМ” бр. 51/00) Македонскиот информативен центар за животна средина се грижи во обезбедување и воспоставување на базата на податоци за состојбата и квалитетот на медиумите на животната средина;

Условите и начинот на употреба и користење на водите, заштита на водите од исцрпување и загадување се регулира со Закон за водите („Сл. Весник на РМ” бр. 4/98);

Уредбата за класификација на водите врши класификација на површинските води според показатели за класификација пропишани во самата уредба. Според оваа

уредба, површинските води во РМ се распоредени во соодветни класи поделени во пет категории (Уредба за категоризација на водотеците, езерата, акумулациите и подземните води, „Сл. весник на РМ“ 18/99). Според оваа, пак, уредба, како дел на сливот на реката Брегалница, „река Тополница и Маденска Река од јаловиштето на рудникот „Бучим“ до вливот во река Крива Лакавица“ се распоредени во III категорија на води.

Според член 3 од Уредбата за категоризација на водотеците, езерата, акумулациите и подземните води, „дренажните и преливните води од хидројаловиштата се распоредуваат во онаа категорија во која е распореден реципиентот“ односно во **III категорија** според категоријата на река Тополница.

Токму гореспоменатата Уредба за класификација на водите ги утврдува стандардите за квалитет на водите што треба да задоволи операторот со емитирање на своите отпадни води преку пропишани гранични вредности на емисија.

Правилникот за гранични вредности на емисија¹ ги пропишува граничните вредности на емисија за испуштање на отпадни води по нивно пречистување (став 1) со една и единствена цел – контрола на емисиите и заштита на животната средина од штетното влијание на испуштените отпадни води (став 2). Според овој правилник, „отпадна вода е индустриската отпадна вода и водата што се испушта од станици за прочистување на урбани отпадни води или канализационен систем, освен отпадната вода од домаќинствата и водата од врнежите“. Согласно ова, отпадните води што се емитираат од рудникот „Бучим“ во целост се опфатени со оваа дефиниција од правилникот. Понатаму во правилникот се вели дека „Граничните вредности на ефлуентот од вршење на индустриски дејности кој се испушта во канализационен систем или во површински води, се утврдени во Прилог 2, на овој правилник.“ (член 6, став 1). Бидејќи во прилог 2 отпадни води од хидројаловишта не се опфатени со индустриските дејности за кои се дадени гранични вредности, се применуваат оние дадени во прилог 1 од овој Правилник:

„За индустриските дејности што не се опфатени со Прилог 2 на овој Правилник, се применуваат граничните вредности од Прилог 1, табела 1 на овој Правилник.“ (член 6, став 2).

За напомена, споредбата на веќе доделените гранични вредности за емисија дадена во табела 1 е направена со граничните вредности од прилог 1, онака како што е пропишано со Правилникот, пропишан од страна на Министерот кој раководи со органот на државната управа надлежен завршење на работите од областа на животната средина.

Овој Правилник поставува правна основа и за пропишување на построги гранични вредности во одредени случаи:

„(4) Земајќи ги во предвид барањата за постигнување на добра состојба на водите, согласно Законот за води кога отпадната вода се испушта во заштитните зони може во дозволата да се определат построги гранични вредности од граничните вредности дадени во Прилог 1, табелата 1 и во Прилог 2 на овој правилник.”

Според достапните постоечки податоци, отпадните води од рудникот „Бучим“ не се испуштаат во заштитните зони.

Понатаму, Правилникот исто така упатува и на примена на најдобри достапни техники при определувањето на граничните вредности на емисија:

„(3) Граничните вредности на параметрите на ефлуентот од Прилог 2 на овој правилник за секоја инсталација посебно се определува во дозволата за испуштање согласно техничките упатствата за најдобрите достапни техники за различните индустриски сектори.”

Интегрираните еколошки дозволи се базираат на примена на најдобри достапни техники (НДТ), врз основа на што се уредуваат и граничните вредности на емисија кај ИСКЗ инсталациите, согласно самата дефиниција на НДТ:

„Најдобри достапни техники е најефективната и најнапредната фаза во развојот на активностите и на методите на работа кои укажуваат на практичната соодветност на конкретните технологии за обезбедување, во начело, на основата на граничните вредности за емисиите, наменети за спречување и, онаму каде што тоа не е практично возможно, за намалување на емисиите и на негативното влијание врз животната средина.”

За активноста на управување со руднички активности и хидројаловишта, постои усвоен БРЕФ документ за најдобри достапни техники:

- **Reference Document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities, January 2009** - European IPPC Bureau, Sustainable Production and Consumption Unit, Institute for Prospective Technological Studies (IPTS), European Commission's Joint Research Centre (JRC), European Commission

БРЕФ документите се подготвени за дефинирани активности во рамките на одреден сектор и даваат опис се техниките и технологии што се применуваат за таа дадена активност, потоа укажуваат на сегашните емисии и нивоа на потрошувачка, како и на техники што се земаат во предвид за определување на најдобрите достапни техники.

БРЕФ-от за управување со руднички активности и хидројаловишта во поглавје 5 упатува на техниките, емисиите и нивоата на потрошувачка кои се сметаат дека се компатибилни со НДТ во генерални смисла. Сепак, овој документ не носи гранични вредности на емисија.

Покрај БРЕФ-овите како официјални НДТ документ, постојат и други НДТ документи на други земји, релевантни агенции за заштита на животната средина или други релевантни институции.

Во таа насока Светска банка има свое упатство за управување со руднички активности и хидројаловишта¹. Ова упатство дава препораки за гранични вредности за емисии од хидројаловишта во површински води:

Табела Препорачани вредности за гранични вредности на емисии во површински води од хидројаловишта (извор: Светска банка)

Параметар	Препорачани гранични вредности
pH	6 – 9
ВРК5	50mg/l
Масти и масла	20 mg/l
Вкупно суспендирани материи	50v
Арсен	1 mg/l
Кадмиум	0,1 mg/l
Хром 6+	0,05 mg/l
Хром, вкупно	1 mg/l

¹ World Bank Environment, Health and Safety guideline - The World Bank policies and guidelines, supplemented with information from OECD sources and the proposed revisions to the World Bank guidelines.

Параметар	Препорачани гранични вредности
Бакар	0,3 mg/l
Железо, вкупно	2 mg/l
Олово	0,6 mg/l
Жива	0,002 mg/l
Никел	0,5 mg/l
Цинк	1 mg/l

Американската агенција за заштита на животната средина пропишува соодветни гранични вредности за емисии од руднички активности на бакар:

Табела Гранични вредности на емисии во површински води од хидројаловишта

Emission limit values in surface waters from hydro tailing

(Извор. Американска агенција за заштита на животна средина)

Effluent characteristic	Effluent limitations	
	Maximum for any 1 day	Average of daily values for 30 consecutive days
	Milligrams per liter	
TSS	30	20
Cu	.30	.15
Zn	1.0	.5
Pb	.6	.3
Hg	.002	.001
Cd	.10	.05
pH	(1)	(1)

¹Within the range 6.0 to 9.0.

Извор: EPA Effluent Guidelines, Ore Mining & Dressing, PART 440—ORE MINING AND DRESSING POINT SOURCE CATEGORY, Subpart J—Copper, Lead, Zinc, Gold, Silver, and Molybdenum Ores Subcategory, §440.102 Effluent limitations representing the degree of effluent reduction attainable by the application of the best practicable control technology (BPT).

7.2 Проценка на влијанието на отпадните води врз квалитетот на површинскиот реципиент

Во продолжение, направена е проценка на влијанието на отпадните води од хидројаловиштето врз квалитетот на површинскиот реципиент (р.Крива Лакавица). Проценката е направена со помош на упатствата на Агенцијата за животна

средина на Обединетото Кралство². Оценката е направена за бакар. Проценката се однесува на моменталниот квалитет на отпадните води од хидројаловиштето.

Процесната контрибуција на супстанциите што се емитираат во површински водотек се одредува со формулата:

$$PC_{\text{вода}} = \frac{(EFR \times RC)}{(EFR + RFR)} \times 1000$$

Каде:

PC – процесна контрибуција (mg/l),

EFR – максимален нормален проток на ефлуент (m³/s) (=0,032 m³/s),

RC – средна вредност на концентрација на емисии, концентрација на полутант во ефлуент (mg/l) (=0,006³mg/l)

RFR – низок проток на реципиент (m³/s) (=0,080 m³/s).

$$PC_{\text{вода}} = 1,71 \mu\text{g/l}$$

Понатаму, се одредува претпоставена еколошка концентрација (Predicted Environmental Concentration), којашто претставува сума на процесната контрибуција и позадинската концентрација на анализираната супстанција (полутант). Таа се одредува по следната формула:

$$PEC = \frac{(EFR \times RC) + (RFR \times \text{background conc.})}{(EFR + RFR)}$$

Каде:

PEC (Predicted Environmental Concentration) - претпоставена еколошка концентрација,

EFR – максимален нормален проток на ефлуент (m³/s) (=0,032 m³/s),

² Environment Agency – H1 Environmental Risk Assessment – annex d1 Surface water discharges, v2.1 August 2010

RC – средна вредност на концентрација на емисии, концентрација на полутант во ефлуент (mg/l)

RFR – низок проток на реципиент (m^3/s) ($=0,080 m^3/s$).

Background concentration (mg/l) ($C_u=0.004^4 mg/l$).

$$PEC = \frac{0.000192+0.00032}{0.112} = 0.00457 mg/l$$

РЕС (претпоставена еколошка концентрација) за бакар	Гранична вредност за бакар за III категорија на води
0.00457 mg/l	0,05 mg/l

Анализите покажуваат дека квалитетот на отпадните води немаат значително влијание врз квалитетот на површинските води на реципиентот (ГВ за категорија III) и не постои опасност од надминување на пропишаните гранични вредности за бакар.

Еколошки коефициент

Еколошкиот коефициент претставува однос на процесната контрибуција и граничната вредност за квалитет на води за анализираната супстанција. ЕК претставува едноставен и робусен индикатор за релативното влијание на отпадните води врз квалитетот на реципиентот, особено при анализа на влијанието од повеќе полутанти.

$$EQ = \frac{PC (procesna kontribucija)}{ГВ}$$

$$EQ = \frac{1,71 mg/l}{50 mg/l} = 0,0342$$

Квалитет на површински води пред 2009 година и имплементацијата на УНДП активностите и изградбата на погонот за Лужење:

Класификација според Уредбата за води			Метали	Измерени вредности	
I-II класа	III-IV класа	V класа		Јасенов дол	Тополница
µg/l				µg/l	µg/l
30	50	>50		As	572.06
1500	1500	>1500	Al	215729.7	92.79.1
50	100	>100	Ni	2246.6	1145.8
50	100	>1000	Mn	149873.7	79363.6
10	50	>50	Cu	434487.8	205455.2
10	30	>30	Pb	8.53	13.73

Attachment 1

WORLD BANK ENVIRONMENT, HEALTH AND SAFETY GUIDELINES¹

MINING AND MILLING - UNDERGROUND

TAILINGS DISPOSAL

Tailings must be disposed of in a manner that optimizes protection of human safety and the environment. On-land tailings impoundment systems must be designed and constructed in accordance with internationally recognized engineering practices, local seismic conditions, and precipitation conditions. On-land disposal systems should be designed to isolate acid leachate-generating material from oxidation or percolating water. Marine discharges must not have a significant adverse effect on coastal resources. Riverine discharges are not acceptable unless the project sponsor provides thorough documentation regarding: 1) environmental analysis of alternatives, and 2) effects on aquatic resources and downstream users of riverine resources. Project sponsors are encouraged to use tailings as backfill material to the extent feasible.

LIQUID EFFLUENTS

The following are guidelines for liquid effluents discharged to surface waters from tailings impoundments, mine drainage, sedimentation basins, sewage systems and stormwater drainage. They do not apply to direct discharge of tailings to the marine environment.

pH	6 to 9
BOD ₅	50 mg/l
Oil and Grease	20 mg/l
Total Suspended Solids	50 mg/l

Residual Heavy Metals

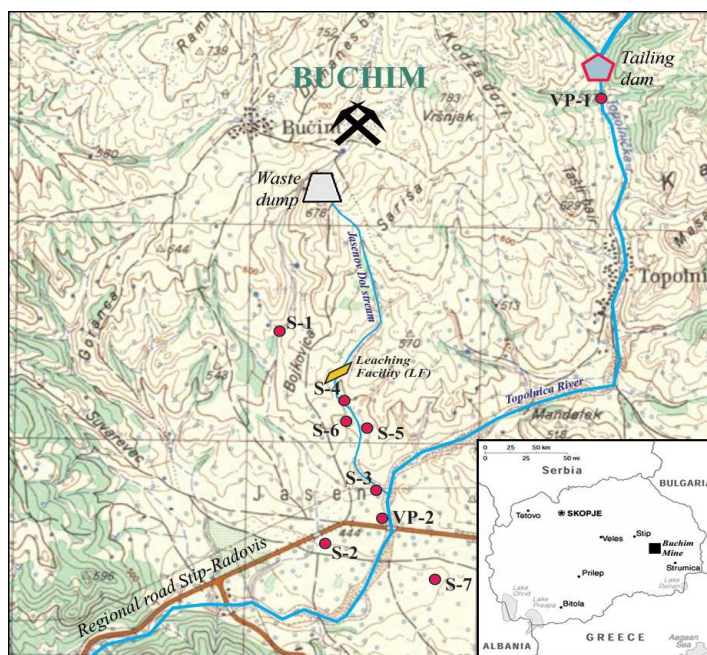
The following are recommended target guidelines below which there is expected to be no risk for significant adverse impact on aquatic biota or human use. In cases where natural background concentrations exceed these levels, the discharge may contain concentrations up to natural background levels. Concentrations up to 110% of natural background can be accepted if no significant adverse impact can be demonstrated.

Arsenic	1.0 mg/l
Cadmium	0.1 mg/l
Chromium, Hexavalent	0.05 mg/l
Chromium, Total	1.0 mg/l
Copper	0.3 mg/l
Iron, Total	2 mg/l
Lead	0.6 mg/l
Mercury	0.002 mg/l
Nickel	0.5 mg/l
Zinc	1.0 mg/l

¹ Source: The World Bank policies and guidelines, supplemented with information from OECD sources and the proposed revisions to the World Bank guidelines.

Во околината на рудникот „Бучим“ биле утврдени неколку таканаречени жешки - точки на контаминација, кои се манифестирале со изразен кисел карактер на рудничките води (pH 3.6-5.5) и зголемени концентрации на бакар до $800 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1} \text{Cu}$.

Дренажните води со кисел карактер од коповските јаловишта на рудникот има најмногу потенцијал да влијае на квалитетот на водата во низводно земјоделските и мочуришни површини на Дамјанско Поле и река Крива Лакавица. Процесот на контаминација траеше од 1979 до 2011 година,



Слика 3. Топографска карта на областа на рудникот „Бучим“ со мониторинг точки
Figure 3. Topographic map of the Buchim mine area with monitoring points



Слика 4. Маденска Река пред изградбата на објектот за Лужење

Figure 4. Madenska River before the construction of the leaching facility

Мониторингот на воспоставените пиезометри покажаа значително пониски резултати за бакар и други параметри во 2013 година и 2014 година од оние во периодот 2007-2010 година (Табела 1).

Табела 1. Мониторинг на води и присуство на бакар во водите околу рудникот „Бучим“, 2007-2010

Table 1. Monitoring of copper concentrations in waters around the Buchim Mine, 2007-2010

Parameter	pH	Copper	MDK Class III
		(mg·l ⁻¹)	(mg·l ⁻¹)
VP-1	5.7÷7.5	0.0075÷0.05	0.05
VP-2	4.1÷5.9	9.8÷207.0	0.05
S-1	4.1÷5.0	8.8÷69.0	0.05
S-5/6	3.8÷4.8	16.5÷551.0	0.05
S-7	5.8÷6.7	0.002÷1.3	0.05

Забелешка: ВП-1 Колектор хидројаловиште, ВП-2 Тополничка Река на мостот Радовиш-Штип, С-1 Под брана Бучимски Дол, С-5 Јасенов Дол земјен насип (лева страна), Јасенов Дол земјен насип (десна страна), С-7 Стар бунар за питка вода.

Note: VP-1 Hydrotailing collector; VP-2 Topolnica River, under the bridge on the Radovis-Stip road; S-1 Buchimski Dol under the dam; S-5 Jasenov Dol earthen embankment (left side); S-6 Jasenov Dol earthen embankment (right side); S-7 Drinking water well⁵.

⁵ WATER MONITORING AROUND THE BUCHIM COPPER MINE DRAINAGE SYSTEM AND INSTALLATION FOR COPPER LEACHING

Извори на контаминација во рамките на рудникот „Бучим“ и придружните индустриски капацитети

Генерално извори на контаминација на површински води во рудникот „Бучим“ се три точки од каде може да се влијае на површинските води вон концесискиот простор.

- Бучимски Дол
- Јасенов Дол
- Излез на колектор од хидројаловиште (дренажни води)



Слика 5. Извори на загадени води од комплексот Бучим

Figure 5. Sources of polluted water from the complex Bucim

8. Дефинирање на степенот на контаминација околу рудникот „Бучим“, просторот на Дамјанско Поле и Лакавичкиот регион, пред изградбата на инсталацијата за лужење на бакар.

Река Крива Лакавица

Со цел следење на влијанието на работата на рудникот „Бучим“ врз реката Крива Лакавица, како реципиент на отпадните води од рудникот, ДПТУ „Бучим“ врши редовен мониторинг на квалитетот на овие води. Мониторингот се базира на месечно земање примероци од р. Крива Лакавица на 6 локации (ВП) и примероци на подземна вода од 4 локации (ВП) (примероците се земаат од постоечки бунари). Параметрите кои редовно се следат со овој мониторинг вклучуваат: вк. сув остаток на 105° С, вк. сув остат. филтрат 105° С, суспендирани материи, бакар, железо, ХПК, SO₄, карбонатна тврдина и рН. На следнава табела е прикажан извештај од хемиските и геохемиските испитувања на мостри од проточни и изворски води по течението на река Крива Лакавица земени на ден 29.11.2010 година од интерниот мониторинг на рудник „Бучим“ до влив на река Брегалница.

Ред. бр.	Параметар	Mg/l	VP-1	VP-2	VP-3	VP-4	VP-5	VP-6	VI-1	VI-2	VI-3	VI-4	B.D	<i>mdk 3 klasa</i>
1.	Вкуп. сув остаток на 105°C	Mg/l	1809	1774	1642	1483	1264	1432	2817	2599	732	1304	4340	-
2.	Вкуп. сув остат. филтрат 105°C	Mg/l	1660	1725	1572	1346	1184	1306	2702	2393	650	1217	4211	-
3.	Суспендирани материи	Mg/l	149	49	70	137	80	126	115	206	82	87	129	30*60
4.	Бакар	Mg/l	2.6	2.0	0.013	0.010	0.010	0.061	0.011	0.010	0.013	0.010	30.5	0.05
5.	Железо	Mg/l	0.23	0.15	0.08	0.14	0.16	0.15	0.13	0.10	0.69	0.11	0.18	1,0
6.	Потрошувачка на KMnO4	Mg/l	9.16	7.90	6.16	9.48	9.48	11.85	4.42	3.79	4.26	3.47	7.58	5.01/10
7.	SO4-2	Mg/l	1060	1075	897	678	639	623	1519	1435	190	512	2931	-
8.	Карбонатна тврдина	Mg/l	5.88	6.16	10.08	11.76	12.6	13.72	14.28	10.36	14.0	18.48	0.56	-
9.	RN Вредност	Mg/l	7.03	7.02	7.04	6.99	6.98	7.01	6.97	6.99	6.97	7.02	5.04	6.0*6.3

ВП-Проточна вода; ВИ-Изворска вода

Напомена: ВП-1 Под мостот на патот Штип-Неготино; ВП-2 Кај сепарацијата на 20-ти км-Крива Лакавица; ВП-3 с. Лакавица на патот Штип-Радовиш; ВП-4 Подножје на с. Селце; ВП-5 во непосредна близина на базата на Македонија пат, кај 9-ти км (Поилиште); ВП-6 Влив на Крива Лакавица во реката Брегалница (мостот кај затворот); ВИ-1 Мотел кај 20-ти км (погон за плочки); ВИ-2 Сепарација кај 20-ти км; ВИ-3 с. Лакавица на патот Штип – Радовиш (пумпа); ВИ-4 Кај поранешната фарма на местото викано 7-ми км, Б.Д. – Бучимски Дол.

Врз основа на добиените резултатаи од извршената хемиска анализа на примероците на води од Проточни води на р. Крива Лакавица и Изворски води во непосредна околина на рудникот „Бучим“ – Радовиш, зголемени концентрации во однос на максимално дозволените концентрации (МКД) регистрирани се за следниве параметри: суспендирани материи (проба бр. ВП-1, ВП-3, ВП-4, ВП-5, ВП-6, ВИ-1, ВИ-2, ВИ-3, ВИ-4, Б.Д.); бакар (проба бр. ВП-1, ВП-2, ВП-6, Б.Д.) Потрошувачката на KMnO4 во (проба бр. ВП-1, ВП-2, ВП-3, ВП-4, ВП-5, ВП-6, Б.Д.) во согласност со Уредбата за класификација на водите и Уредбата за категоризација на водотеците, езерата, акумулациите и подземните води („Сл. весник на РМ“ бр. 18/99).



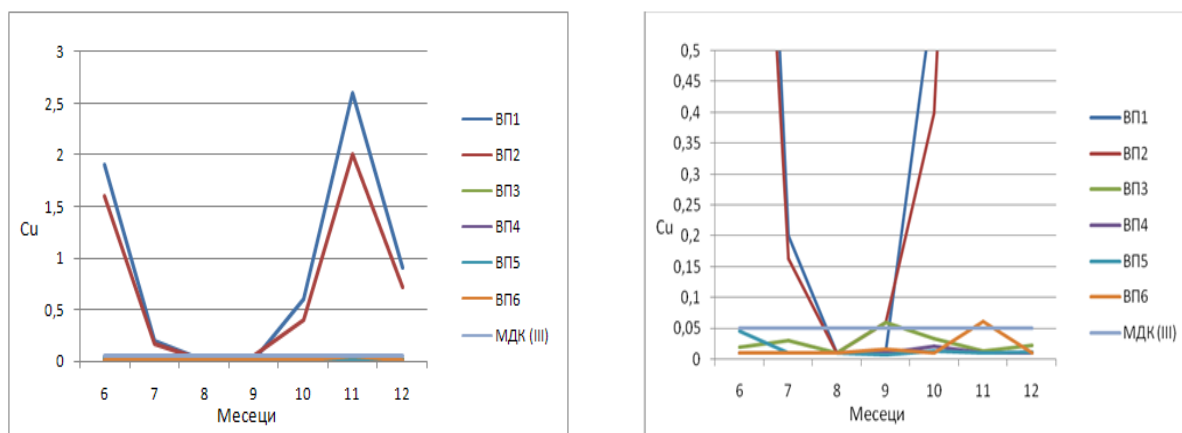
Слика 6. Мерни места ВП 1 (лево) и (десно)

Figure 6. Measuring points VP 1 (left) and (right)

Табела 2. Приказ на концетрации на Си по месеци по мерно место (период 06.2010 – 12.2010)

Table 2. One concentrations of Cu in months after the measuring point (period 06.2010 - 12.2010)

Мерно место	Концентрација на Си по месеци (mg/l)						
	6	7	8	9	10	11	12
ВП1	1,9	0,2	0,01	0,013	0,6	2,6	0,91
ВП2	1,6	0,163	0,01	0,06	0,4	2	0,72
ВП3	0,02	0,031	0,01	0,06	0,033	0,013	0,023
ВП4	0,01	0,011	0,01	0,011	0,021	0,01	0,01
ВП5	0,046	0,011	0,01	0,007	0,013	0,01	0,012
ВП6	0,01	0,01	0,01	0,017	0,011	0,061	0,011
ВИ1	0,127	0,1	0,01	0,02	0,01	0,011	0,01
ВИ2	0,013	0,011	0,01	0,01	0,01	0,01	0,011
ВИ3	0,012	0,011	0,01	0,011	0,011	0,013	0,01
ВИ4	0,011	0,001	0,01	0,04	0,011	0,01	0,026
МДК (III)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05



Слика 7. Графички приказ на движењето на концентрациите на **Cu** за примероци од површински води, за период 06.2010 – 12.2010, макс. (лево) и минимални (десно) вредности

Picture 7. Graphical display of the movement of Cu concentrations in samples from surface waters for a period 06.2010 - 12.2010 , max. (Left) and minimum (right) values

Табела 3. Приказ на pH вредностите по месеци по мерно место (период 06.2010 – 12.2010).

Table 3. Display of pH values by months by measuring point (period 06.2010 - 12.2010) .

Мерно место	pH вредност по месеци						
	6	7	8	9	10	11	12
ВП1	6,5	6,42	8,48	7,7	7,03	7,03	6,95
ВП2	6,59	6,22	8,17	7,1	8,05	7,02	6,97
ВП3	7	7,49	8,26	7,2	8,02	7,04	7,01
ВП4	7,4	7,06	8,51	7,6	8,03	6,99	7,03
ВП5	7,44	7,71	7,81	7,5	7,2	6,98	7,04
ВП6	6,99	7,88	8,05	7,4	6,05	7,01	6,99
ВИ1	6,31	6,37	7,87	6,7	7,1	6,97	7,03
ВИ2	6,1	6,41	8,08	6,9	6,2	6,99	7,99

ВИЗ	6,82	6,34	7,72	6,8	7,01	6,97	6,98
ВИ4	7,03	6,38	8,15	7	7,05	7,02	7
МДК (III)	6.0-6.3						

Резултатите од мониторингот покажуваат надминување на дозволените вредности за присуство на бакар и pH во површинските води (III класа) на мерните места поблиску до локацијата на рудникот. Според дадените графици се забележува тенденција на опаѓање на вредностите во однос на времето што со голема веројатност се должи на имплементацијата на УНДП активностите за собирање и пренасочување на контаминирани води кон хидројаловиштето.

Во непосредната околина на рудникот „Бучим“ се наоѓаат следните хидролошки структури:

- Бучимско Езеро, западно од рудничкиот коп, лоцирано во негова непосредна близина;
- Дренажни води од коповско одлагалиште.

Овие води се состојат од атмосферски води кои дотекуваат од повисоките делови над коповското одлагалиште (стопански двор на рудникот, атар на село Бучим) и минуваат низ одлагалиште, дождовни води кои минуваат низ одлагалиште и истекуваат надолу, подземни води кои се инфилтрираат низ одлагалиште.

Бучимски Дол – пред започнување со работа на рудникот, бил изграден дренажен систем/колектор заедно со канали околу периметарот на локацијата предвидена за коповско одлагалиште. Овој систем ги собира дел од дренажните води од одлагалиштето и ги насочува во Бучимски Дол. Покрај овие води, овој дол го сочинуваат и атмосферските води пренасочени од површинскиот коп и подземните води под одлагалиштето. Со последните измени, водите од дното на копот се испумпуваат во базените за технолошка вода бидејќи истите се незагадени и може да се искористат.

Овие води, при своето движење минуваат низ/под телото на одлагалиште и се влеваат во реката Тополница. Овој водотек има должина од околу 900 m до влевање во Тополничка Река. Содржината на бакар во овие води е многу висока (450-850 mg/l), со pH вредност од околу 3,4 - 4,5 и просечен проток од околу 5-20 l/s.

До неодамна, водите од Бучимски и Јасенов Дол се влеваа во Маденска Река. Но, со имплементација на активности од проектот на UNDP, водите од Бучимски Дол собрани во акумулација со бетонска брана Д1, со помош на

гравитациски цевковод се носат до акумулација на брана Д2 каде што се собираат водите од Јасенов Дол, од каде пак заедно се носат до хидројаловиштето, како привремено решение.

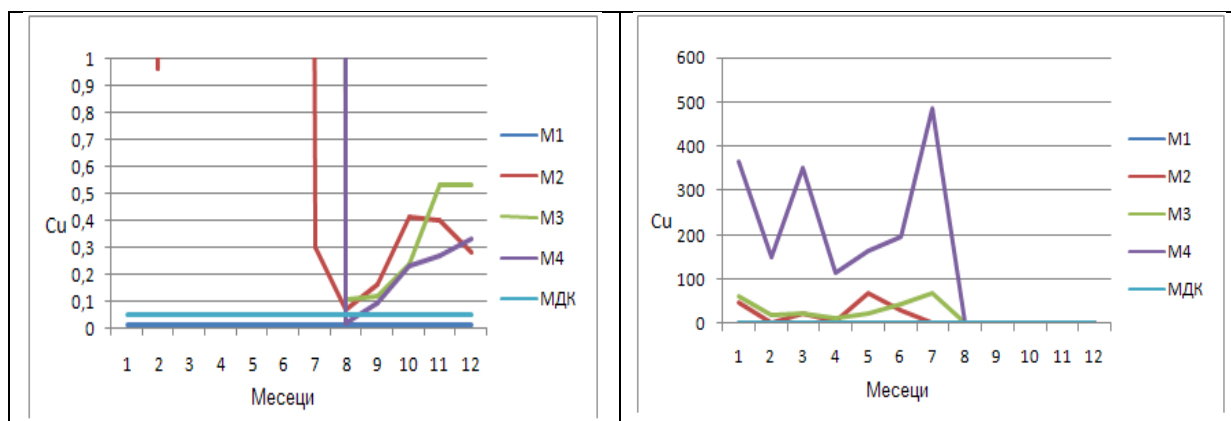
Јасенов Дол – дел од атмосферските и подземните води што не се зафаќаат со гореспоменатиот дренажен систем, истекуваат во Јасенов Дол кој минува под основното одлагалиште и излегува под самото одлагалиште. Започнувајќи од некаде на кота 690.00, Јасенов Дол, покрај овие води, ги прифаќа и атмосферските комуналните води од стопанскиот двор (кругот на фабриката).

Во следнава табелата се прикажани измерените вредности на бакар по месеци низ 2010 година од земените примероците на 5-те мерни места.

Табела 4. Резултати од мониторинг во 2010 година

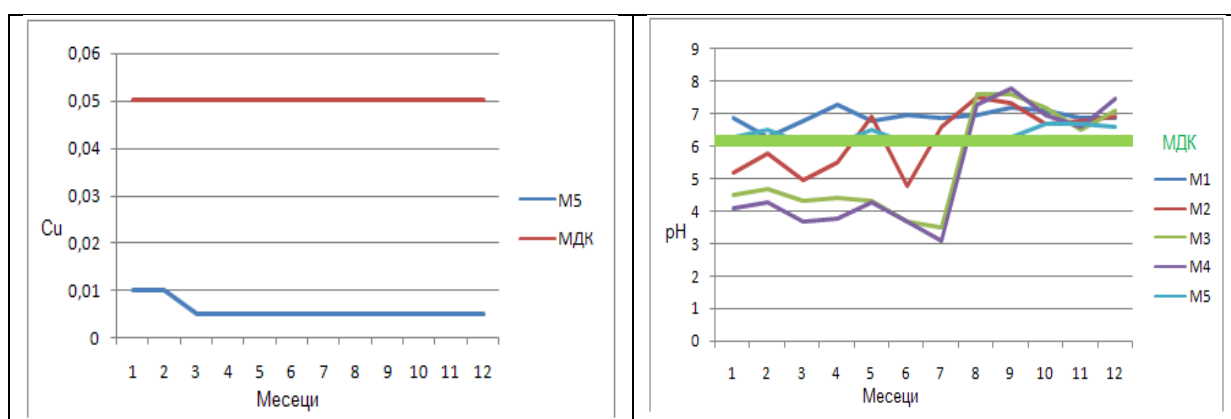
Table 4. Results of monitoring in 2010 year

Месеци	Концентрација на бакар (Cu^{2+}) по мерно место (mg/l)					
	М1	М2	М3	М4	М5	МДК
1	0,01	45,6	61,7	364,5	0,01	0,05
2	0,01	0,96	19,4	147	0,01	0,05
3	<0,01	20,2	22,7	351,6	<0,01	0,05
4	<0,01	3,46	12,6	113,1	<0,01	0,05
5	<0,01	68,6	20,96	163	<0,01	0,05
6	<0,01	30,5	41,5	194,6	<0,01	0,05
7	<0,01	0,3	68	485	<0,01	0,05
8	<0,01	0,07	0,104	0,02	<0,01	0,05
9	<0,01	0,16	0,12	0,09	<0,01	0,05
10	<0,01	0,41	0,24	0,23	<0,01	0,05
11	<0,01	0,4	0,53	0,27	<0,01	0,05
12	<0,01	0,28	0,53	0,33	<0,01	0,05



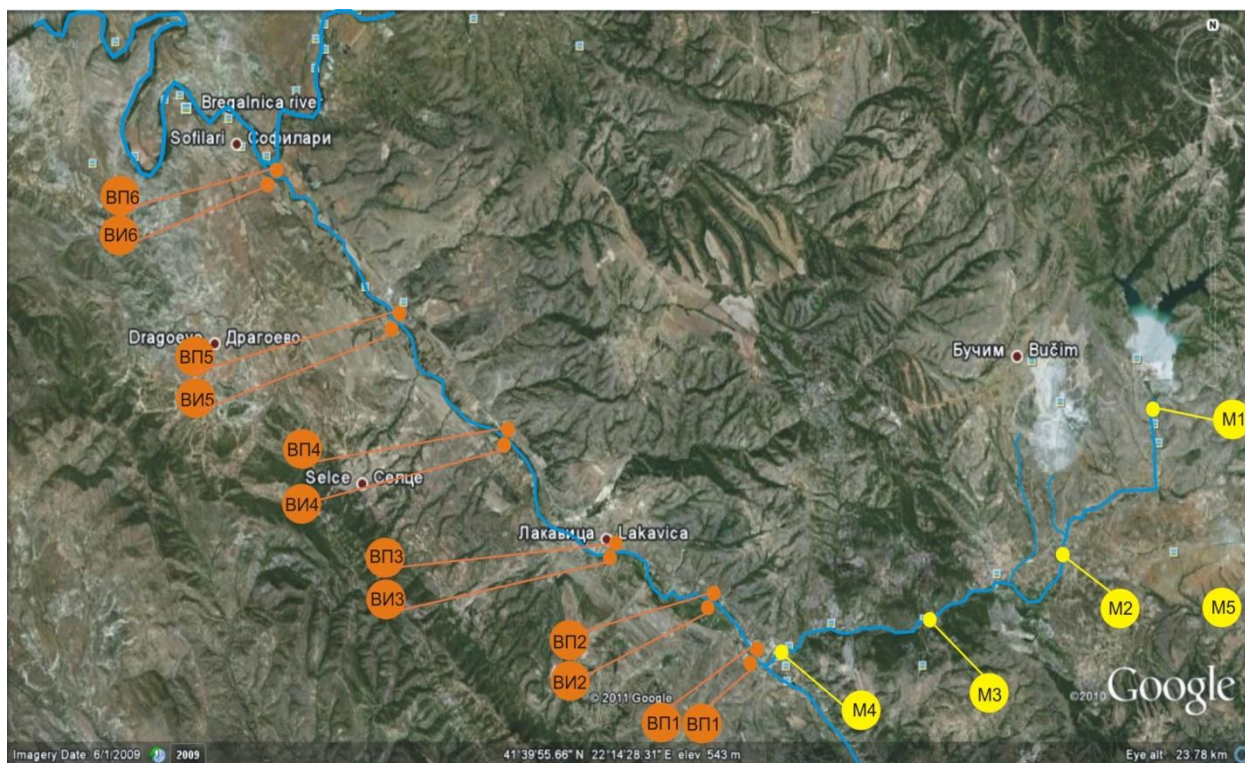
Слика 8. Движење на концетрациите на Cu во текот на 2010 година за мерни места M1-M5, макс. (лево) и мин. вредности (десно)

Picture 8. Move the concentrations of Cu over 2010 measuring points M1 - M5, max. (Left) and min. values (right)



Слика 9. Движење на концетрациите на Cu во текот на 2010 година на мерно место M1-M5 (лево) и pH вредноста за M1-M5 мерни места (десно)

Picture 9. Move the concentrations of Cu during 2010 at the measuring point M1 - M5 (left) and pH value of M1 - M5 measuring points (right)

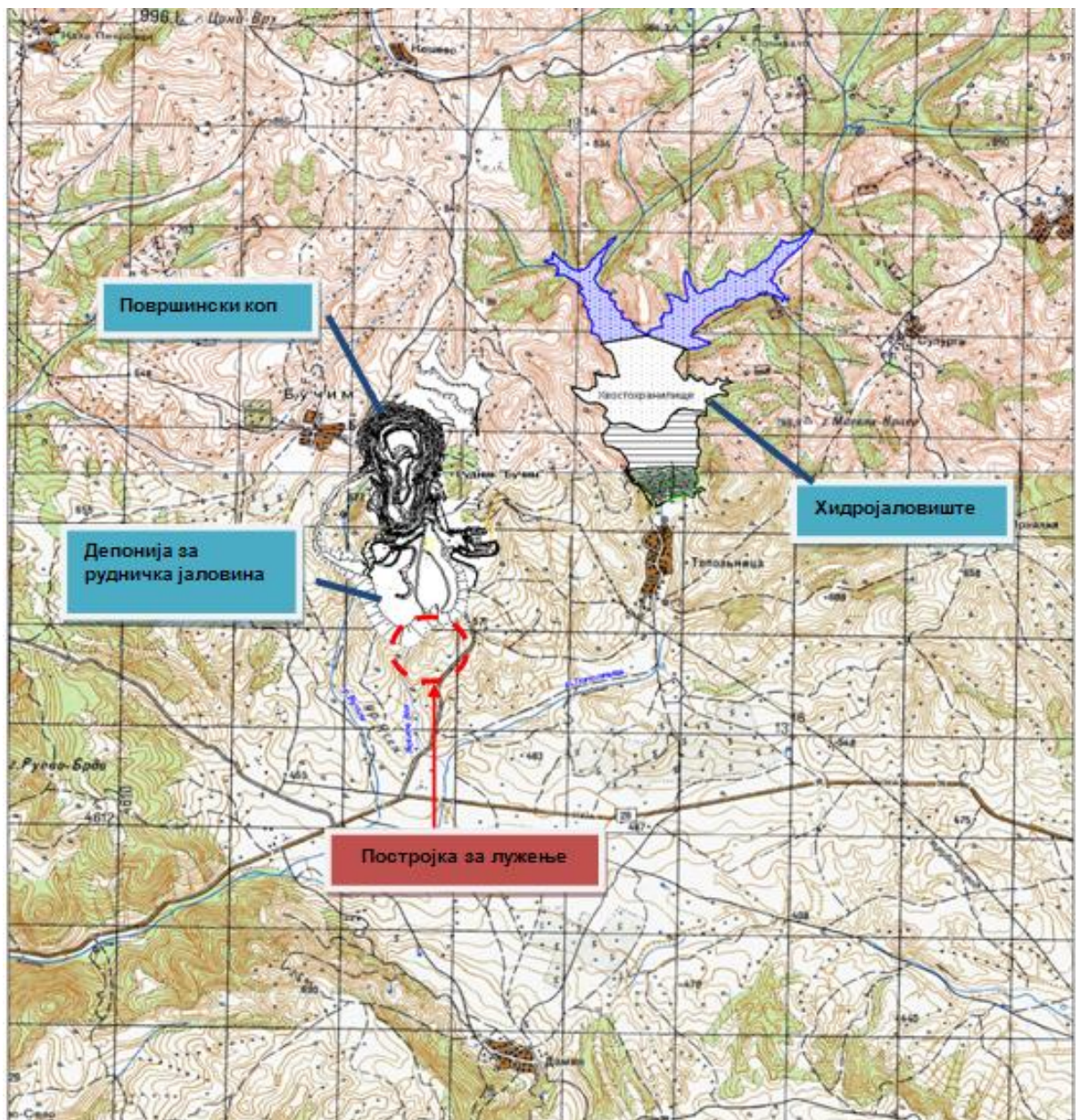


Слика 10. Карта на мерни места за земање примероци од површински води
 Picture 10. Map measuring points sampling of surface waters

9. Изградба на инсталација за лужење

9.1 Локација на постројката

Предвидената локација на постројката за лужење е во состав на наоѓалиштето Бучим, дел од рударското поле Бучим. Локацијата е со неправилна форма и се простира на нерамен терен, со површина од околу 1,6 km², веднаш под постоечкото рудничко одлагалиште.



Слика 11. Макролокација на предвидената постројка

Figure 11. Macrolocation the envisaged plant

9.2 Постоечка инфраструктура на локацијата

Во рамки на Програмата за развој на Обединетите нации (UNDP), како дел од Регионалната програма за животна средина за Западен Балкан - *Зајакнување на капацитетите на земјите од Западен Балкан за разрешување на проблемите во животната средина преку ремедијација на најприоритетните жешки точки*, во периодот 2009-2010 беше имплементиран проектот „Одржливо расчистување и управување со загадувањето во рудниците Бучим и Лојане“. Едно од прашањата кое беше третирано со овој проект беше проблемот на загадување на површинските води во околината на рудникот со води со висока содржина на бакар кои потекнуваат од постоечкото одлагалиште за рудничка јаловина во Бучим. Во насока на изнаоѓање решение за правилно управување со овие води, во рамките на проектот беше изготвена „Студија за изводливост и изготвување на Основен проект за мерки за заштита на водите во рудникот „Бучим“ “.

Студијата за изводливост и техничкиот проект - мерки за заштита на водите во рудникот „Бучим“ разработува две главни меѓусебно поврзани задачи:

- Прва задача: Оценка на изводливост;
- Втора задача: Главен технички проект.

Како резултат на имплементацијата на основниот проект, изградена е следната инфраструктура:

- Изградба на Брана 1 (означена со Д1) со изградба на таложник;
- Гравитационен HDPE цевковод PL1, Ø200 со должина L=1,511,5m, што ќе ги одведува загадените води од браната 1 до браната 2 во Јасенов Дол.
- Изградба на Брана 2 (означена со Д2) со изградба на таложник;
- Гравитационен HDPE цевковод PL2, Ø 250 со должина L=283.7m, што ќе ги одведува загадените води од браната 2 до пумпна станица ПС1;
- ПС1-Пумпна станица 1 е проектирана да ја одведува водата преку ПЛ3 до резервоарот од пумпна станица 2 со волумен од $V= 100\text{m}^3$.
- HDPE потисен цевковод PL3, Ø 250 со должина L=1,432m, кој ќе ги одведува загадените води од ПС1 до ПС2
- ПС2-Пумпна станица 2 е проектирана да ја одведува водата преку ПЛ4 и ПЛ5 до водната комора лоцирана во близина на резервоарот за чиста вода и потоа во одлагалиштето.
- HDPE цевковод под притисок PL4, Ø 200 со должина L=821m, што ќе ги одведува пречистените води од PS2 до постоечките резервоари за чиста вода;
- HDPE цевковод под притисок PL5, Ø 250 со должина L=588m, што ќе ги одведува пречистените води од PS2 до депонијата за јалови карпести маси.

Имплементацијата на овој проект беше спроведена со значително финансиско учество на рудникот „Бучим“. Како резултат на овие активности, високо загадените дренажни води од Бучимски и Јасенов Дол беа пренасочени кон хидројаловиштето. На тој начин, со привремено решение, проблемот со загадувањето на површинските води на реките Тополница, Маденска и Крива Лакавица бил решен.

Зафаќањето и одведувањето на овие води во хидројаловиштето претставува привремено, но не и конечно решение за постоечкиот проблем со загадување на површинските води од околината.

- (i) Во студијата на изводливост (СИ) беа извршени анализи на повеќе алтернативи од аспект на изводливост и, за понатамошна разработка на

ниво на основен проект, е избрана т.н. Варијанта II.2. Целите на овој основен проект се во врска со изградба на објекти. Изградба на објекти за собирање и одведување на загадените подземни и површински води околу одлагалиштето на коповска јаловина во Јасенов Дол и Бучимски Дол - брани, таложници и гравитациони цевководи до ПС1, како што е усвоено во Варијанта II.2

- (ii) Изградбата на новата постројка за лужење на бакарни руди и добивање на катоден бакар во рамки на рудникот „Бучим“ ќе резултира со искористување на концентрациите на бакар што се содржат во дренажните води од коповското јаловиште. Овој проект претставува продолжение на започнатите активности за конечно решавање на проблемот со загадување на површинските води во околината на Бучим со загадените дренажни води.



Слика 12. Акумулација на брана Д1 (1 и 2), на брана Д2 (3) и влез на води од Д1 во Д2 (4)

Figure 12. Accumulation of dam D1 (1 and 2) , dam D2 (3) and the entry of water in D1 - D2 (4)

9.3 Проектен концепт

Предмет на проектот е технолошки комплекс за лужење на бакарни руди за добивање на катоден бакар за потребите на ДПТУ „БУЧИМ“ - Радовиш.

Во рударската индустрија постојат неколку видови на лужење: (i) лужење на куп, (ii) табанско лужење и (iii) *in-situ* (на самото место) лужење. Се чини дека најперспективно од нив е лужењето на куп, иако во последно време се зголемува и користењето на табанското и *in-situ* лужењето. Проектот на ДПТУ „Бучим“ предвидува лужење на куп.

Лужењето на бакарни руди ќе се врши на две одлагалишта: (1) постојното, т.н. основно одлагалиште, и (2) одлагалиште за оксидна руда, кое е предвидено како новопроектирано со овој проект. Технологијата која што ќе се приложи за добивање на електролитски бакар од наоѓалиште Бучим, се базира врз искористувањето на 0,5%-ен раствор на сулфурна киселина, наречен раствор за лужење, кој се додава на површината на одлагалиштата. Преминувајќи низ рудата во одлагалиштето, растворот раствора дел од бакарот и истекува од неговиот долен дел. Овој раствор кој е богат со бакар, наречен е продуктивен и се транспортира во технолошки комплекс за преработка на растворите, каде што понатаму се преработува до добивање на електролитски бакар.

Комплексот ќе произведува до 2400 t бакар на година. Производствениот режим е 365 дена во годината.

Техничките податоци дадени подолу во текстот се засноваат на усвоено техничко – технолошко решение на изградба на постројка за лужење на бакарни руди и добивање на катоден бакар.

Технолошкиот процес е поделен на два дела: геотехнолошки и преработувачки, функционална поделба диктирана од самата локацијата.

Геотехнолошки комплекс

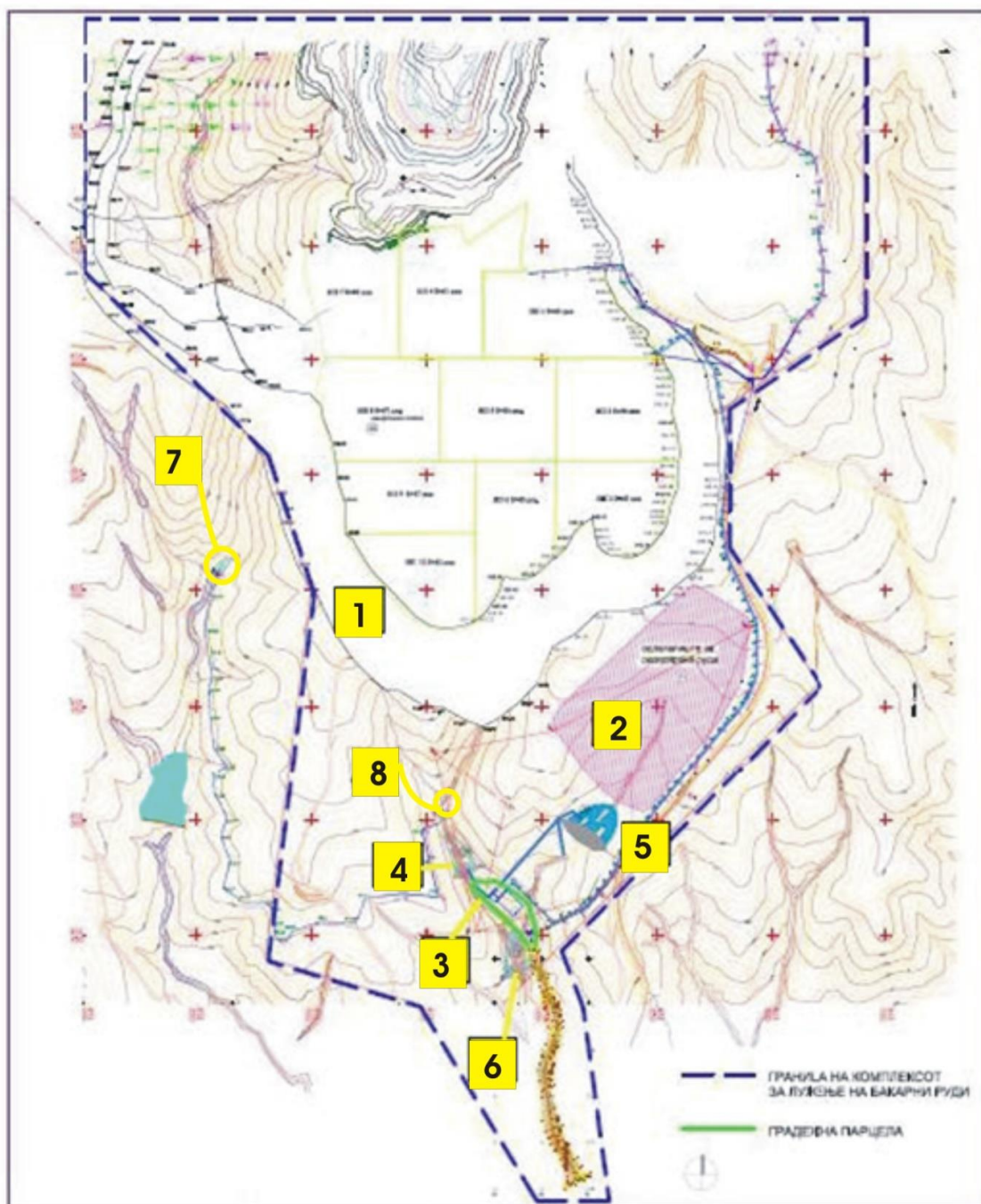
Во геотехнолошкиот комплекс ќе се врши циркулирање на растворите од долниот дел на одлагалиштето до технолошкиот комплекс и обратно. За потребите на оваа фаза од технолошкиот процес (лужење на рудите) се предвидуваат одлагалишта, на кои претходно се формираат полиња на напскување – наводнувачки полиња. Се предвидува лужење на две одлагалишта – постоечкото одлагалиште за рудничка јаловина и раскривка и

ново проектирано одлагалиште на оксидна руда (оксидно одлагалиште). Додавањето на растворите за лужење ќе се врши по пат на систем (кап по кап) напскување-наводнување, така што ќе се врши рамномерно додавање на растворите во целата површина на полето. Производните раствори кои се дренирале - се одлеале низ одлагалиштата, истекуваат во мали акумулации за секое одлагалиште посебно (ново проектирани), а од таму продолжуваат во производниот комплекс за понатамошна преработка.

Производен (преработувачки) комплекс

Просторот предвиден за производниот комплекс зафаќа површина од 6.800 m². Објектот за понатамошна преработка на производните раствори е проектиран со површина од 3.700 m², како дел од производниот комплекс. Согласно технолошкиот процес, објектот е предвиден како решение од четири целини, меѓусебно функционално поврзани: зграда на технолошки комплекс, одделение за реагенси, таложници и пристапни рампи.

На следната слика се дадени граници на локацијата на постројката заедно со предвидените содржини.



Слика 13. Граници на локацијата и предвидени содржини

Figure 13. Limits on site and provided content

Легенда: 1) Основно (постоечко) одлагалиште, 2) ново одлагалиште, 3) производен комплекс, 4) Д3 брана, 5) Д5 брана, 6) Д4 брана, (Постоечка инфраструктура 7) Д1 брана, 8) Д2 брана

Објектот на преработувачкиот комплекс се простира на земјиште со неправилна форма, со максимални димензии 121,50 m на долгата страна и 60,60 m на кратката.

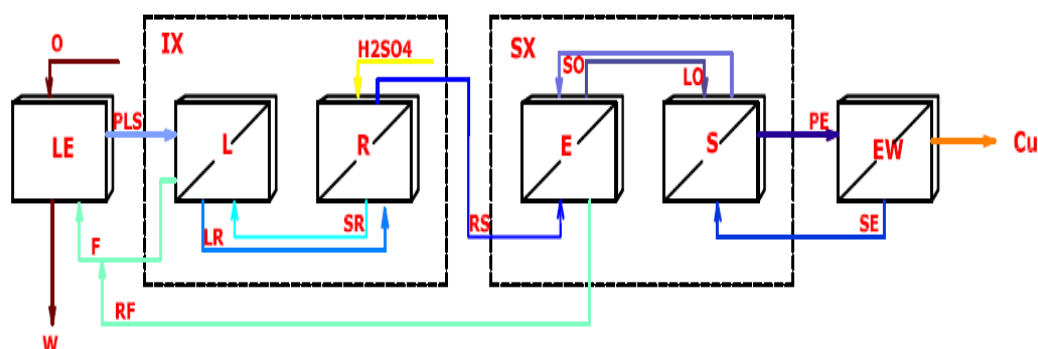
Истиот е предвиден и е изведен со монтажна челична конструкција на два ката, составена од столбови, меѓукатна конструкција, главни покривни носачи, рожници, хоризонтални и вертикални спрегови. Зградата на технолошкиот комплекс е предвидена на две нивоа (приземје и кат) за да одговори на барањата на фазите од технолошкиот процес кои ќе се одвиваат во објектот (сорпција, екстракција течно-течно и електролиза).

На влезот на технолошкиот комплекс, е изградена порта (главен влез). Во посебен дел од локацијата се предвидува посебен простор за привремено складирање на отпадот што ќе се создава со работата на постројката. Во најдолниот дел од локацијата (влез на локацијата), предвидена е и изградена монтажна пречистителна станица за комунални отпадни води. Останатиот простор околу зградата се предвидува да се обработи со завршен асфалтен слој.

9.4 Опис на технолошки процес

Процесот се состои од четири основни фази: (i) лужење, (ii) сорпција, (iii) течна екстракција и (iv) електролиза. Од своја страна, фазата сорпција вклучува две потфази: збогатување и регенерација, додека течната екстракција - екстракција и реекстракција.

На сликата подолу шематски е прикажан технолошкиот процес предвиден со проектот.



Слика 14. Технолошка шема на процесот Лужење

Figure 14. Technological scheme of the pickling process

Легенда:

LE-лужење, O-руда, W-преработена руда, PLS-збогатен исцеден раствор, F-филтрат, RF-дериват, IX-сорпција, L-збогатување, R-регенерација, LR-збогатена смола, SR-регенерирана смола, RS-регенерат, SX-течна E-екстракција, S-реекстракција, LO-збогатена органика, SO-реекстрактирана органика, EW-електролиза, PE-богат електролит, SE-сиромашен електролит.

Технологијата за преработка на производните раствори може да се раздели на следните етапи:

A. Прочистување на производните раствори од механички честички.

Од браната производните раствори влегуваат во таложник со волумен кој им обезбедува едночасовен престој за таложење на нерастворените честички кои се содржат во него. Од таложникот растворите преку пумпи се додаваат во сорпција.

Б. Сорпција и десорпција.

Сорпциските колони работаат во парови. Продуктивниот раствор поминува доследно прво во првата (K1), а потоа во втората (K2) колона од парот. Филтратот по сорпциските колони влегува во тампон за филтрат, откаде што по довкрепување со сулфурна киселина до содржина 5 g/l, се поднесува до одлагалиштата преку пумпи. Постојано се следи содржината на бакар во растворот на излезот од првата колона K1. Кога оваа концентрација стане еднаква на концентрацијата на бакар на влезот на истата, тоа значи дека целиот волумен смола во колоната се збогатил до граничниот капацитет. Во овој момент преку вентили затворачи се прекинува пристапот на раствори кон оваа колона. Растворите поминуваат само во втората колона K2, при тоа насоката на струјата се обраќа, при што се добива перење на колоните за ослободување од можните талози. Во оваа колона смолата уште не е збогатена до граничниот капацитет, и сорпцијата продолжува.

Во колоната K1 започнува десорпција. Овој процес има неколку степени, во кои доследно се поднесуваат раствори за десорпција и плакнење. Отпадни раствори од сорбцијата и десорбцијата нема да има. Добиениот регенерат влегува во тампон, откаде што со пумпи се поднесува до екстракцијата.

По завршување на десорпцијата во K1, истата се вклучува повторно во процесот на сорпција, веќе како втора колона, и насоката на струјата повторно се менува. Сега почнува да се следи концентрацијата на бакар на излезот од K2, која веќе е прва од парот. Кога оваа концентрација ќе стане еднаква на концентрацијата на бакар на влезот во истата, додавањето на продуктивен раствор кон неа се прекинува, и растворот поминува само по K1, каде што смолата уште не е збогатена до граничниот капацитет, и сорпцијата продолжува, при тоа насоката на струјата се обраќа. Започнува десорпција во K2. По завршување на десорпцијата, K2 се вклучува во процесот на сорпција,

повторно како втора колона од парот. Овој процес е цикличен и се повторува постојано.

Должината на работниот слој на смолата во колоните е пресметан така, што за време на десорпцијата во едната колона - додека сорпцијата се врши само во другата колона - да не се добие пробив во концентрацијата на бакар на излезот од оваа колона.

Смолата има поголема селективност кон бакарот, отколку кон железозто, затоа ќе се сорбират минимални количини железо, и нема да има блокирање на колоните поради железото. Железото, што не се сорбира, во едно со другите јони како арсен, антимон и др., се врти во промет, без да попречува на сорпцијата. При постигување на рамновесни концентрации на овие елементи во растворот, почнува секундарното им одложување во одлагалиштето.

В. Екстракција и реекстракција.

Екстракцијата се врши со екстрагенс, растворен во органски растворувач со концентрација 15%÷25% во зависност од концентрацијата на бакар в растворот. Односот органска фаза/водна фаза е 1/1. Органската фаза се врти во промет во екстракторите и реекстракторите. Збогатениот на бакар регенерат влегува во екстракторите, придава бакарните јони на органската фаза, и излегува од системот во вид на рафинат, осирамашен на бакар. Истиот потоа се акумулира, се користи за миење на смолата по десорпцијата и потоа се додава на одлагалиштето. Во реекстракторите органска фаза збогатената со бакар се меша со реекстрагенс – осиромашениот електролит од електролизата, ги предава бакарните јони и добиениот реекстракт во вид на збогатен електролит со концентрација на бакар околу 40-48 g/l се предава на електролиза. Отпадна вода од екстракцијата и реекстракцијата нема.

LIX 84-i екстрагенс е нерастворлив во вода. Екстракцијата на бакар од типични излужувачки раствори зависи од рН. Реекстракцијата се врши со кисели раствори, како типичен електролит од електролизата на бакар.

ShellSol D100 S е јагледороден растворувач со бавно испарување и висока точка на палење. Растворувачот е со ниско ниво на нечистотии како сулфур, олефини и ароматични јагледороди и поседува висока стабилност и слаб мирис. Со притисок на пареа подолу од 10 Pa на 20°C, во Европската Директива за емисии на растворувачи **ShellSol D100 S** е класифициран како „non-VOC“ растворувач.

Г. Електролитско таложење.

Електролизата се врши со густина на ел. струја 250-300 A/m² површина на катодите, и концентрација на сулфурната киселина 170-190 g/l. Концентрацијата на бакар на влезот во системот е околу 40-48 g/l, а на излезот – околу 35 g/l. Осиромашениот електролит се користи за реекстрагенс во екстракцијата.

Концентрацијата на железо во електролитните кади не треба да надминува 1,5 g/l. При постигување на оваа концентрација дел од растворот се вади од системот, и истата се дополнува со новоприготвен електролит. Извадениот од систем раствор се нарекува блијд-раствор, и се додава во тампонот за филтрат, се меша со филтратот, и се додава кон одлагалиштата. Железото, воедно со другите јони како арсен, антимон и др., се врти во промет. При постигување на рамновесни концентрации на овие елементи во растворот, почнува секундарното им одложување во одлагалиштето. Отпадни раствори од електролизата нема. Се следи Ех, и се коригира преку содржината на железо. Се додаваат гауфлок и кобалтов сулфат за квалитет на катодите.

Д. Дополнително разделување на фазите

Процесите на мешање на органиката со водни раствори и нивното разделување се изведени со внесување на една фаза од друга, заради кое е непходна дополнителна етапа за доразделување на двете фази. Тоа се врши преку обезбедување на дополнителни волумени за престој на двете фази, по што тие се враќаат назад во процесот.

Е. Прочистување на органиката

Во процесот на екстракција, органската фаза повлекува со себе и нерастворени минерални честички кои се акумулираат и му пречат на

процесот. Тоа е таканаречената „брада“. Прочистувањето од брадата се врши преку обработување на одделената органика со бентонит при дополнителното разделување, по што добиената смеса се филтрира. Отпадот што се одделува привремено ќе се складира во соодветни садови на посебно место за привремено складирање на отпад, во рамки на локацијата. Прочистената органика се враќа во процесот.

9.5 Технолошки процес

А. Одделение „Прочистување од механички примеси“

Тоа одделение се наоѓа надвор од зградата и се состои од бетонски базен (таложник) со волумен кој обезбедува едночасовен престој на производните раствори, бетонски базен за филтрат, како и пумпна станица. Производните раствори со помош на пумпи се носат кон модул сорпција, а осиромашениот филтрат кон местото за лужење. Кон филтратот се додава сулфурна киселина до постигнување на концентрација 5 g/l.

Б. Одделение „Сорпција и десорпција“

Се состои од 8 сорписки столбови од не’рѓосувачки челик со дијаметар 2,55 m и висина 5,5 m, при тоа полни со јоноразменувачка смола. Столбовите работат во двојки, како што е опишано погоре. Низ секоја двојка поминува соодветното количество произведен раствор. Димензиите на столбовите се пресметуваат така што концентрацијата на бакар во филтратот по сорпцијата да достигне макс. 50 mg/l. Столбовите се наоѓаат во зградата на кота $\pm 0,0$. На кота +4,00 m има простор за сервисирање на столбовите.

В. Одделение „Екстракција и реекстракција“

Процесите во овој модул се извршуваат во екстрактори и реекстрактори кои уште се наречени и миксер-таложници, потоа што имаат дел за мешање (миксер) и дел за разделување на фазите (таложник), и се изработени од не’рѓосувачки челик. Процесот на екстракција е тристепен, а на реекстракција од двостепен. Затоа има три екстрактора, два реекстрактора, и еден тампон за органиката, поставени во зградата на кота + 4,0 m. Димензиите на

екстракторите и реекстракторите се пресметуваат такашто да се обезбеди неопходното време за трансфир на бакарните јони и за разделување на фазите.

Г. Одделение „Електролиза“

Во овој модул се врши електролитско таложење на бакарот во електролитските кади кои се изработени од полимербетон. Во секоја када се редат катоди и аноди, додека бакарот се таложи врз катодите. Општо има 24 кади кои се распоредени на кота +4,0 m.

Д. Одделение „Технолошки садови“

Во овој модул се врши дополнителното разделување на фазите во флотациски столбови кои претставуваат цилиндрични садови со волумен 20 m^3 и се изработени од стакло-пластика. Во модулот се распоредени и други средни садови од стакло-пластика.

Е. Одделение „Прочистување на органика“

Загадената органика се носи во конус - отстојувач во кој се врши крајното одделување на навлезената вода. Одделно, во мешалка се приготвува раствор на бентонит кој се меша со органиката. Потоа, со помош на пумпа, добиената смеса се носи кон филтер-преса. Прочистената органика се враќа во процесот.

К. Танквана за сулфурна киселина

Се состои од пумпи за сулфурна киселина и 4 цистерни за сулфурна киселина, секоја по 50 m^3 , и се изработени од обичен челик. Цистерните и пумпите се распоредени во близина на зградата.

9.5.1 Геотехнолошки комплекс

Во геотехнолошкиот комплекс ќе се врши циркулирање на растворите, од долниот дел на одлагалиштето, до технолошкиот комплекс и обратно. За потребите на оваа фаза од технолошкиот процес (лужење на рудите) се предвидуваат одлагалишта - основно и за оксидна руда, на кои претходно се формираат полиња за напрскување и се гради наводнувачка мрежа. Додавањето на растворите за лужење до полињата се врши по потисни магистрани цевководи. За акумулација на продуктивните раствори се предвидуваат две технолошки брани Д3 и Д5, посебно за секое одлагалиште. За собирање на инцидентни истекувања, проектот предвидува и хавариска брана Д4 која што ќе има улога да го спречи истекот на загадени води надвор од објектот.

9.5.2 Основно одлагалиште

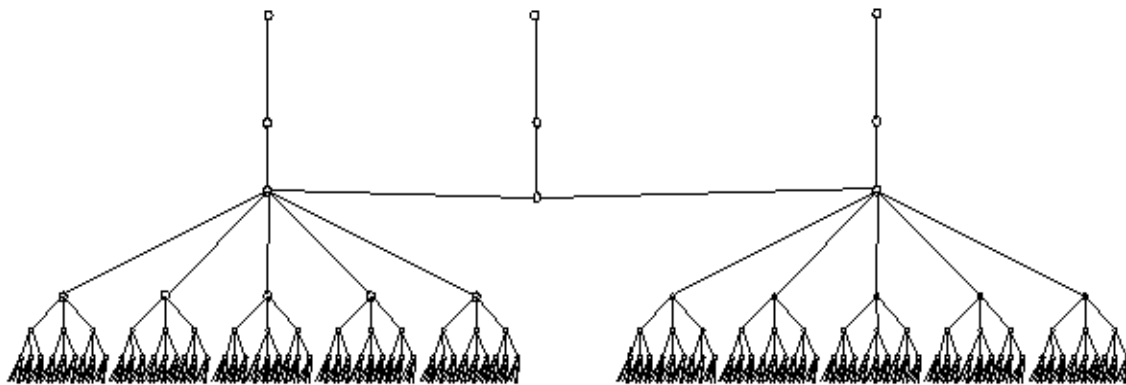
Основното јаловиште со раскривка зафаќа површина од околу 550 декари (0,55 km²). Се простира на терен во пад, со приближно 100m висинска разлика во правец север-југ. За обезбедување на производство од 2700 t/god бакар при содржина на бакар во растворите околу 0,5g/l е потребен проток 650m³/h. Димензионирањето на полињата за напрскување се заснова врз параметрите зададени во технолошкиот процес, како што се густината на напрскување (12 l/m²/h), и максимален предвиден проток на излужените раствори (650 m³/h).

Предвидено е основниот дел од овие раствори (околу 580 m³/h) да се транспортира до одлагалиштата со помош на пумпи, монтирани во преработувачкиот комплекс. За транспортирање на останатите раствори од околу 70 m³/h, ќе се користи постоечкиот систем за управување на површинските води на рудникот „Бучим“, кој се состои од пумпна станица ПС1 и пумпна станица ПС2, и цевководи. Општиот капацитет на овој систем е 180 m³/h. Од нив, 70 m³/h ќе се користат за транспортирање на технолошки раствори, додека останатиот капацитет од 110 m³/h ќе се користи за оросување на нови полиња.

На вкупната површина од одлагалиште се предвидуваат повеќе наводнувачки полиња, секое со средна површина од околу 54 дка.



Слика 15. Основно одлагалиште на раскривка и рудничка јаловина
Figure 15. - Basic dump on deposits and mine tailings



Слика 16. Наводнувачка мрежа

Figure 16. Irrigation network

Излужувачките раствори се транспортираат до купот по три магистрални цевоводи. Два од нив излегуваат од преработувачкиот комплекс за преработка на растворите (ТКПР) и се димензионирани за по 290 m³/h, додека третиот е протуркуван од пумпна станица 2 (ПС 2), и е димензиониран за 180 m³/h.

9.5.3 Одлагалиште за оксидна руда

Согласно технолошкиот процес, се предвидува одлагалиште на оксидна руда. Чистата површина на основата врз која е предвидено купиштето е 116,5 дка (0,116 km²), и е со природен наклон на теренот по надолжната оска 6 степени од североисток кон југозапад, и странични наклони од периферијата кон средината 3-5 степени по напречните профили на основата.

Локацијата предвидена за одлагалиштето за оксидна руда ќе биде соодветно подготвена за да биде максимално мазна површина. На површината ќе бидат поставени водонепропустлива геомембрана, дренажен систем и други хидротехнички решенија, кои ја спречуваат миграцијата на технолошки раствори надвор од зоната на купот. Сите предвидени материјали треба да се отпорни на киселински раствори.

Купиштето ќе биде од булдожерски тип. Натрупувањето ќе се врши по периферен начин, при што местото на одвивање е североисток-југозапад по надолжната оска, и напречно југоисток-северозапад.

Технолошката шема вклучува товарање на бакарната руда со челни товарачи со волумен на кофата 12-16 m³, транспортирање со средно транспортно растојание.



Слика 17. Оксидно одлагалиште на руда

Figure 17. Dump Oxide Ore

Хидроизолациското езеро е изградено во долниот најнизок дел. Теренот врз кој е поставена основата, претходно ќе се исчисти од секакви дрвја, гранки и камења, ќе се отстрани површинскиот слој почва, и ќе се израмни и обработи со булдожер или друга соодветна техника за ископување на земја, со цел, да се постигне максимално мазна површина, врз која ќе бидат поставени водонепропустлива мембрана, дренажен систем и други хидротехнички решенија, кои ја спречуваат миграцијата на технолошки раствори надвор од зоната на купиштето.

Основните материјали за изработка на геоматеријали се ПВЦ, ХДПЕ и ЛДПЕ, и РРЕ. Сите овие материјали се отпорни на киселински раствори, и се користат при бакарните операции за лужење. Во проектот ќе се користи ХДПЕ или ЛДПЕ мембрана со дебелина 0,3 – 1,5 mm, која е соодветна за конструкцијата и големината на ваков вид купиште. По целиот периметар на основата на идното купиште, кој изнесува 1350 m, ќе се предвиди дополнителна заштитна ивица која ќе ја зголемува површината на основата со ширина од 2,5 m, со спротивен наклон од 2 до 3 проценти по југозападната основа, со цел, да се обезбеди поголема сигурност за спречување на миграција на технолошки раствори надвор од зоната на купиштето. Така, неопходната површина која треба да се подготви и да се изолира со геомембрана, нараснува до 120 дка. По обработувањето на оваа површина и постигнувањето на максимална

мазност со помош на машините за ископување на земја, предвидено е врз неа да се постави и исполни прв слој од 0,20 до 0,25 m водонепропустлива глина, врз која ќе се постави геомембраната.



Слика 18. Изглед на езера за раствори подготвено со полимерна облога на дното

Figure 18. Lake View for solutions prepared with a polymer coating on the bottom

Непосредно над геомембраната, се исипува материјал-фино здробена руда или агломерирани (натрупани) глинести рудни материјали, кои не содржат многу фини честички, кои ја намалуваат хидрауличната пропустливост, како и многу рабести карпести честички кои може да ја скинат геомембраната. Дебелината на дренажниот слој изнесува 0,4-0,8 m.

9.5.4 Геотехнолошки комплекс

Овој комплекс го сочинуваат систем на три мали бранички (Д3, Д4, Д5), поставени на теренот, распоредени во основа како рамностран триаголник, на меѓусебно растојание од 350 m, поврзани меѓу себе со затворен систем на цевки и канали. Две од браните се бетонски, додека третата земјено насипна.

Брана Д3

Ова езеро е предвидено да ги прима водените количини кои доаѓаат од основното одлагалиште. Овие количини, се обработуваат во Технолошкиот комплекс.

Вкупниот обем на акумулацијата е 7500 m^3 , од кои $5\,000 \text{ m}^3$ е хавариски волумен.

Местоположбата на сидот е избрана под постоечкиот земјонасипен сид Д2 и над Технолошкиот комплекс. Сидот е исполнет од бетон, додека според неговата конструкција, тој е масивно-гравитационски. Предвидени се и две олеснителни постројки – преливник и испуштач. Тлото на езерото е заштитено со геомембрана со дебелина 2 mm , (ХДПЕ)-отпорна на растворите. Другите технички детали на браната се:

- Обем на акумулацијата..... 7500 m^3
- Кота на круна..... 497.00 mnm
- Кубатура на брана..... 1500 m^3
- Ширина на круна..... 2 m
- Капацитет на преливен орган..... $4.5 \text{ m}^3/\text{s}$
- Капацитет на доводна цевка..... $650 \text{ m}^3/\text{ha}$ ($0.181 \text{ m}^3/\text{s}$)
- Дијаметар на доводната цевка..... $D=315 \text{ mm}$ (ПЕ 100 ПН6)
- Дијаметар на темелен испуст..... $D=200 \text{ mm}$ (ПЕ 100 ПН6)
- Време на празнење на акумулацијата..... 12 h

Брана Д4

Хавариското езеро е предвидено да ги прима неопходните количини во случај на хаварија во Технолошкиот комплекс. Во рамките на 24 часа, општиот волумен кој треба да биде задржан е $15\,000 \text{ m}^3$. Хавариското езеро ќе прима

12 000 m³. Останатите количини ќе се примаат од работното езеро пред него (езеро на брана Д5). По отстранување на хаваријата, со помош на пумпи, овие количини ќе се вратат за обработка во Технолошкиот комплекс.

Местоположбата на сидот е избрана во близина на постоечката пумпна станица 1 и е поврзана со патот за користење на Технолошкиот комплекс.

Браната според конструкцијата, ќе биде масивно-гравитационска. Предвидени се и две олеснителни постројки – преливник и испуштач.

- Обем на акумулацијата..... 12000 m³
- Кота на круна.....480.50мнм
- Кубатура на брана.....3600 m³
- Ширина на круна.....2 m
- Капацитет на преливен орган.....4.5 m³/s
- Дијаметар на темелен испуст.....Д=200 mm (ПЕ 100 ПН6)
- Време на празнење на акумулацијата.....2 h
- Геомембрана со дебелина 2 mm, (ХДПЕ)-отпорна на растворите

Брана Д5

Брана Д5 се наоѓа над Технолошкиот комплекс и под оксидното одлагалиште. Функцијата на оксидното езеро ќе биде да ги собира количините кои истекуваат од попрскувањето на оксидната руда. Очекуваните количини се во границите 220 – 270 m³/ha. Истите ќе се донесат до наталожувачите на комплексот преку цевовод \varnothing 250. Работниот волумен на езерото е 3000 m³, додека резервниот околу 4500 m³.

Сидот од водната страна, е покриен со хидрозолациски материјали. Предвидени се две олеснителни постројки – преливник и испуштач.

- Обем на акумулацијата.....8000 m³
- Кота на круна.....515.00мнм

- Кота на фундација.....503.50мм
- Кубатура на брана.....7004 m³
- Кубатура на ископ.....5126 m³
- Косини на брана.....1:2
- Ширина на круна.....4 m
- Капацитет на преливен орган.....4.5 m³/s
- Капацитет на доводна цевка.....270 m³/ha(0.075 m³/s)
- Геомембрана со дебелина 2 mm,(ХДПЕ)-отпорна на растворите

10. Состојба со еко - влијанијата од процесирањето

Изградбата на проектот значи имплементација на крајно решение за решавање на постоечкиот проблем со контаминирани дренажни води од основното одлагалиште. На еден одржлив начин со искористување на содржините на бакар, долгогодишното влијание на рудникот врз околните површински води ќе биде ставено под целосна контрола.

Со примена на соодветни мерки за спречување и контрола, проектот предвидува замена на неконтролираното атмосферско лужење на основното одлагалиште со контролиран начин на наменско лужење. Проектот предвидува и соодветни мерки за управување со ризици во случај на хаварии од различни причини, при што влијанијата врз животната средина би биле контролирани.

Имајќи ги предвид следните работи:

- геологијата (присуството на слабо водопрпусни неврзани квартарни седименти и претежно водонепропусни карпи);
- хидрогеологијата на локацијата (слабо присуство на подземни води);
- предвидените мерки на проектот за спречување и контрола на влијанијата;

- незначителното досегашно влијание врз подземните води, потврдено со следењето на квалитетот на подземните води во околината, не се очекува негативно влијание од работата на проектот врз квалитетот на подземните води во околината на локацијата.

Со цел потврда на претпоставките, проектот предвидува соодветна мониторинг програма на подземните води преку мрежа на сонди, со која редовно ќе се следат подземните води.

Во делот на влијанието врз почвата, досегашното долгогодишно природно и неконтролирано лужење на основното одлагалиште во атмосферски услови имало свое влијание врз квалитетот на почвата под самото одлагалиште и во другите делови каде што дренажните води имале контакт со почвата. Присуството на високи концентрации на бакар, сулфатни јони и ниска pH влијаеле за деградација на почвата. Работата на проектот ќе резултира со локално и ограничено на времетраење на работата на постројката влијание на почвата под одлагалиштето. Согласно обврските за ваков вид инсталации, проектот предвидува соодветен план за ремедијација на локацијата кој вклучува и мерки за ремедијација на почвата. На тој начин квалитетот на почвата треба да биде доведен во задоволителна состојба за нејзина следна намена.

Контролата на влијанието врз почвата е предвидено да се следи со мониторинг програма на почвата.

Квалитет на воздух

Со примена на соодветни мерки за спречување и контрола на емисиите предвидени со проектот, вкупното влијание врз квалитетот на амбиентниот воздух ќе биде ставено под целосна контрола.

Имајќи го предвид регистрираното подобрување на квалитетот на амбиентниот воздух и зголемувањето на апсорптивниот капацитет, проектот не се очекува да има значително влијание врз истиот.

Тековната работа на проектот и неговото влијание ќе се следи редовно со предвидената програма за мониторинг.

Управување со отпад

Во текот на своите животен циклус, постројката ќе создава различни видови и фракции на отпад, вклучувајќи комунален отпад, отпад од пакување и отпад од градежни активности, како и различни фракции опасен отпад.

Во текот на целиот животен циклус на постројката ќе биде воспоставен и имплементиран оптимален пристап за управување со отпадот. Овој пристап ќе ги има во предвид барањата и обврските кои се утврдени во македонското законодавство во сферата на управување со отпадот. Деталите на системот за управување со отпад ќе бидат усвоени во рамки на интегрираната еколошка дозвола за постројката.

Правилното управување со сите фракции отпад во рамки на локацијата на проектот ќе значи спречување и контрола на влијанијата врз животната средина.

Флора и фауна

На самата локација и во пошироката околина не се регистрирани позначајни или загрозени видови флора и фауна која директно би била загрозена со работата а проектот.

Со спроведување на соодветни мерки и активности во фазите на изградба и оперативност, во делот на спречување и контрола на влијанијата врз површинските и подземните води и почвата, постројката за лужење не се очекува да има негативен ефект врз биотопскиот состав на подрачјето.

Искористувањето на бакарот од водите од постоечкото одлагалиште и со тоа намалување на влијанието што овие води го има врз реципиентите ќе има долгорочно позитивно влијание врз квалитетот на површинските води, а со тоа и на флората и фауната во површинските водотеци.

Поради ограничените по квантитет и квалитет влијанија врз квалитетот на воздухот и отсуството на позначајни и загрозени видови флора и фауна, работата на проектот не се очекува да има позначајно влијание на истите.

- ✓ Аспектите на животната средина поврзани со сите фази на животниот циклус на постројката за лужење се целосно утврдени и земени во предвид, во согласност со најдобро достапните информации и тековното ниво на техничко – технолошко решение на изградба на постројка за лужење на бакарни руди и добивање на катоден бакар.
- ✓ Процената на влијанијата врз животната средина е базирана на најдобро достапни информации и разгледување на кумулативни влијанија.
- ✓ Идентификуваните веројатни влијанија можат да бидат елиминирани или намалени и, според тоа, предложената постројка за лужење не претставува закана за сериозна или неповратна штета врз животната средина.
- ✓ Предложената постројка за лужење нема да предизвика значителни влијанија врз природните ресурси и еколошкиот интегритет на подрачјето⁶.

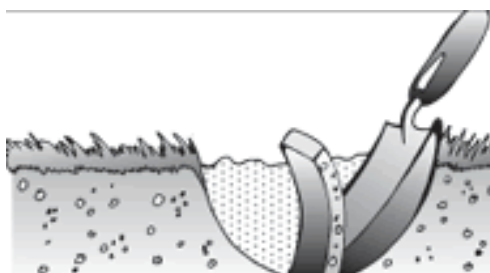
⁶ Студија за оцена на влијанието врз животната средина постројак за лужење на бакарни рудии добивање на катоден бакар ДПТУ „Бучим“ - Радовиш

11. Мониторирање на почви околу индустрискиот комплекс „Бучим“

Опробувањето на почвите е изведено со цел да се идентификуваат евентуално контаминираните зони со тешки и токсични елементи, имајќи ги во предвид антропогените активности во регионот првенствено рударењето, употребата на моторни масла, согорувањето на фосилни горива, употребата на големи количини минерални (вештачки) ѓубрива и наводнувањето со загадени води. Примероците на почва се собирали според претходно утврдена шема за земање почвени проби. На секоја локација се собирали примероци од површинскиот слој на почвата (0 – 5 cm). Примероците на почва се собираат според одредени стандарди за земање почвени примерци (Т. Stafilov et al. 2010).

На локацијата одредена за земање примерок од почва се отстранува површинскиот слој (1 – 2 cm) на земјиштето и до длабочина од 5 cm се ископува почва која се става во најлонска ќесе.

Лоцирањето на сите земени проби е извршено со GPS, при што се снимени координатите и котите на секоја поединечна проба. Потребните алатки се лопатка или лопата (во зависност од потребите за длабочината на земање на мострите), кофа и ќеси. Овде треба алатките да се одржуваат чисти за време на земањето на мострите.



Слика 19 - Земање на мостра со лопатка

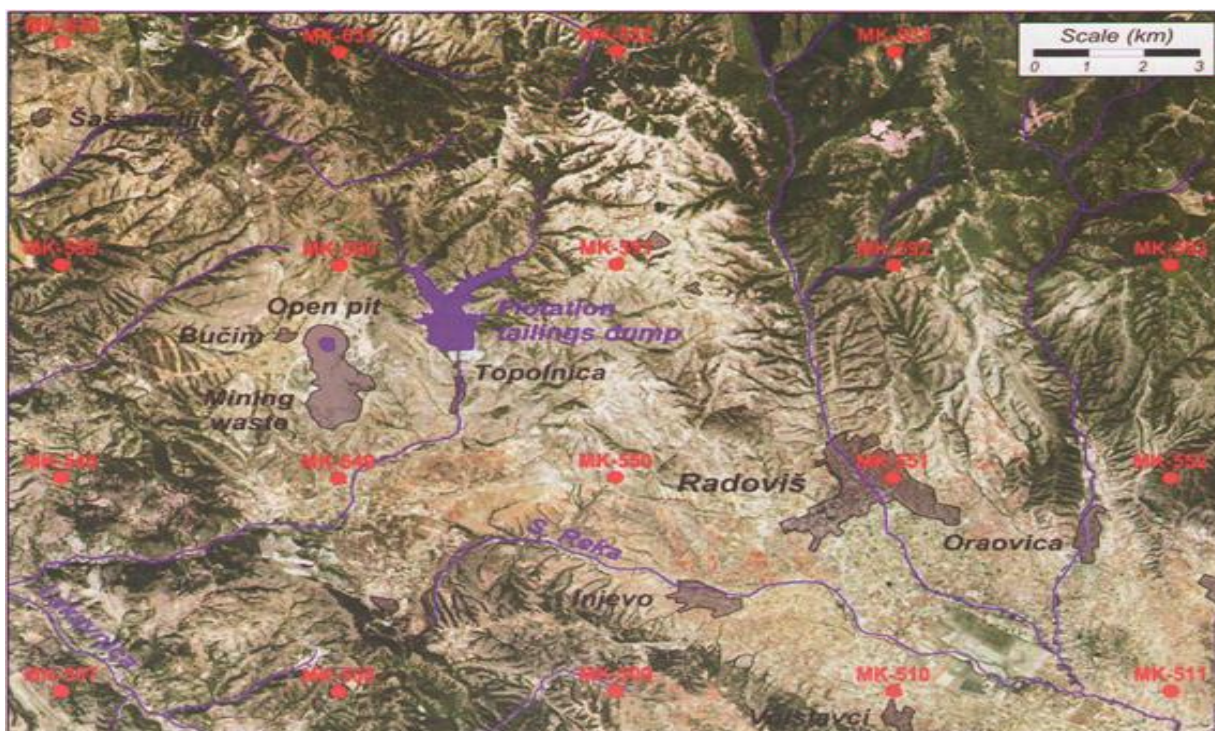
Figure 19 - Taking a sample with a shovel

Со цел следење работата на рудникот и неговото влијание врз квалитетот на почвите во околината, во текот на 2010 година направени се два одделни мониторинга на почвите.

Мониторинг 1

Во рамките на студијата „Геохемиски атлас на Радовиш и неговата околина и дистрибуција на тешки метали во воздухот“ [19], извршени се испитувања на загадувањето на воздухот преку примена на мониторинг со користење мов, прав од поткровни греди и почва. Овој мониторинг се однесува на околината на градот Радовиш, а рудникот „Бучим“ е покриен со поширока мрежа на локации за примероци.

Во испитуваното подрачје беше спроведен мониторинг со користење на примероци почва. За таа цел беа собрани 20 примероци на почва од површинскиот слој. На истите локации паралелно беа собрани и 20 примероци на почва од длабочинскиот слој. Примероците на почва од длабочинскиот слој беа собирани за да се утврди дали постои антропогено загадување на почвата или дали високите содржини на елементите се должат на геологијата на земјиштето. Во сите 40 примероци беше одредена содржината на 19 елементи (Al, As, Ba, Ca, Cr, Cu, Fe, Ga, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sr, V и Zn). Кај сите испитувани елементи не се утврдени значајни разлики помеѓу вредностите за содржината на елементите во примероците почва од површинскиот и длабинскиот слој. Единствено кај Cu се забележува висока содржина во површинскиот слој на почвата во примерок чија локација е непосредно до рудничката јаловина (МК-549).



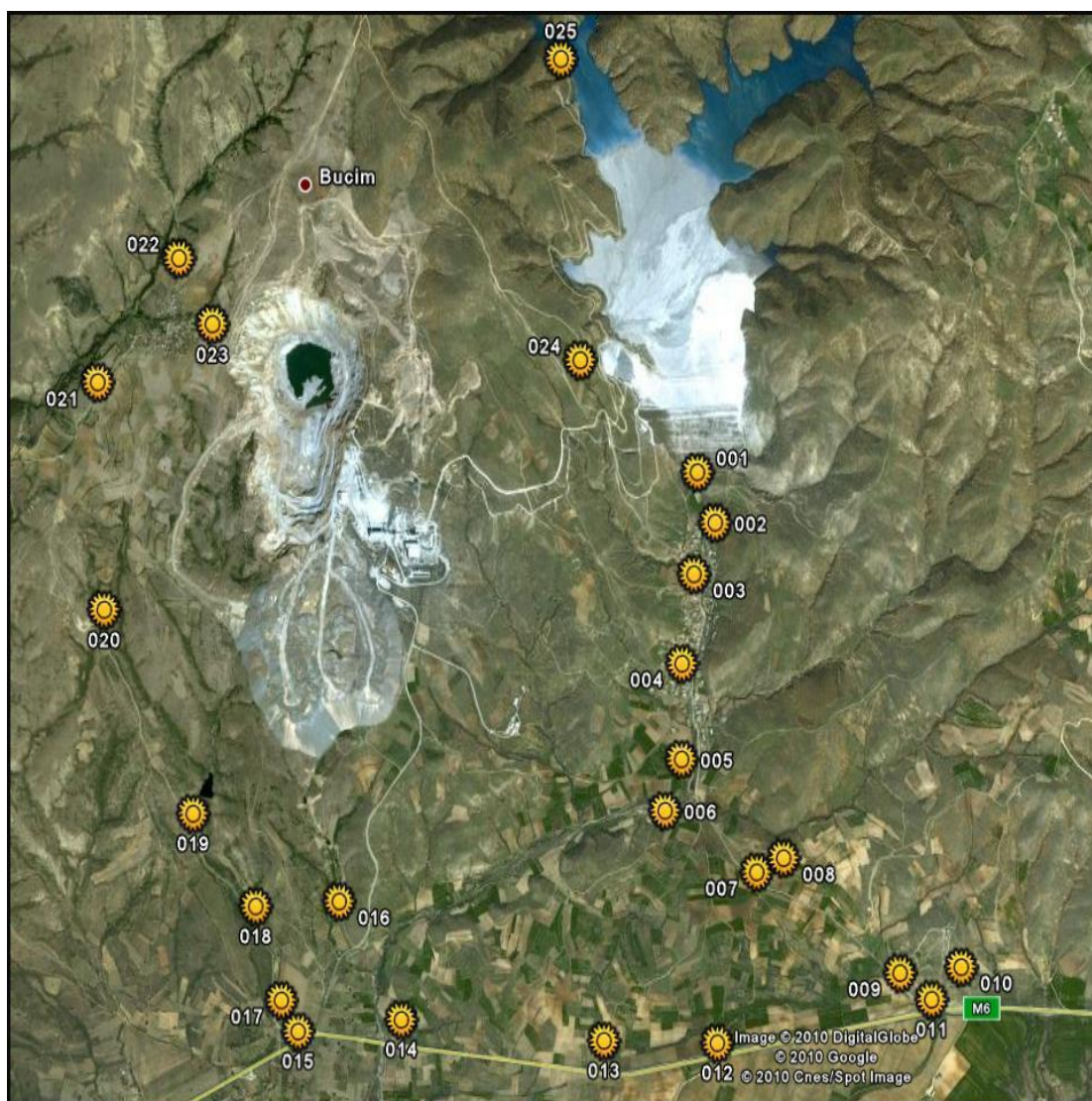
Слика 20 Локации на земање примероци на почва
Figure 20 Locations of sampling soil

Мониторинг 2

Вториот мониторинг бил наменет конкретно за да се оцени влијанието на рудникот врз почвите во неговата околина, при што одредена е погуста мрежа на мерни места. Во февруари 2010 година, земени се примероци од површински почви од 25 локалитети во пошироката околина на рудникот и флотацијата за бакар „Бучим“. Целта на ова истражување е анализите на тешки метали во примероци од почви, односно следење на влијанието на работата на рудникот „Бучим“ врз почвите во околината. Анализата е извршена на 20 елементи (Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Se, Sr и Zn), при што определувањето на овие елементи е извршено со примена на атомската апсорпциона и емисиона спектрометрија.

Во извештајот, добиените резултати од анализите се споредени со холандски стандарди за почва [20] каде што постојат референтните и интервентните вредности. Со споредба на добиените резултати со референтните и интервентните вредности на поедините елементи може да се заклучи дека

најголемиот број на елементи кои се опфатени со Холандските стандарди не ги надминуваат интервентните вредности. Единствено примероците со ознака P-15, P-17 и P-18 ги надминуваат интервентните вредности за бакар од 190 mg/kg и за арсен од 53 mg/kg; како и примероците P-1 и P-10 кои ги надминуваат интервентните вредности за олово (530 mg/kg) за Zn (720 mg/kg) и арсен (55 mg/kg) [333]



Слика 21. Локации на земените примероци од почви од околината на рудникот и флотацијата „Бучим“.

Figure 21. Locations of the samples taken from soils from the surrounding of the mine and the flotation Buchim.

Табела 5. Координати на земените примероци од почви од околината на рудникот и флотацијата за бакар „Бучим“.

Table 5. Coordinates of the samples taken from soils from the surrounding of the mine and flotation for copper Buchim.

Реден број/ Ordinal number	Ознака/Mark	Кординати/ Coordinates	
		X	Y
1	P -1	7 617 698.94	4 614 169.43
2	P -2	7 614 811.90	4 613 905.89
3	P -3	7 614 686.65	4 613 635.46
4	P -4	7 614 617.80	4 613 165.37
5	P -5	7 614 623.52	4 612 662.54
6	P -6	7 614 526.00	4 612 392.55
7	P -7	7 615 093.36	4 612 080.74
8	P -8	7 615 256.45	4 612 157.40
9	P -9	7 615 976.49	4 611 567.34
10	P -10	7 616 350. 84	4 611 604.24
11	P -11	7 616 173.15	4 611 428.58
12	P -12	7 614 862.61	4 611 169.93
13	P -13	7 614 165.88	4 611 171.16
14	P -14	7 612 916.91	4 611 256.41
15	P -15	7 612 281.52	4 611 187.74
16	P -16	7 612 532.22	4 611 879.70
17	P -17	7 612 177.15	4 611 346.63
18	P -18	7 612 018.94	4 611 846.99
19	P -19	7 611 638.79	4 612 331.65
20	P -20	7 611 122.47	4 613 394.26
21	P -21	7 611 102.01	4 614 566.39
22	P -22	7 611 594.08	4 615 206.53
23	P -23	7 611 800.53	4 614 873.44
24	P -24	7 613 998.31	4 614 725.99
25	P- 25	7 613 855.72	4 616 275.69

Во текот на септември 2011 година беа собрани и анализирани примероци од горни слоеви на почвата од 19 локалитети во околината на рудникот „Бучим“ и погонот флотација. Локациите се прикажани на Слика 22. По подготовката на мострите според стандард ISO 11464:1994 (E) и потоа анализирани со помош на атомска емисиона спектрометрија со индуктивно спрегната плазма (ICP-AES) со претходно растворање по ISO 14869-1:2001: Квалитет на почва - Растворање за определување на вкупната содржина на елементи. Дел 1: Растворање со флуороводородна и перхлорна киселина. Покрај тоа беше определена вкупната содржина на 20 елементи (Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, SE, CP и Zn).



Слика 22. Локации во околината на рудник „Бучим“ и погон флотацијата од кои се земани примероци од почвата

Figure 22. Locations of the samples taken from soils from the surrounding of the mine and the flotation Buchim.

Резултатите се презентирани во Табела 6, Добиените резултати беа споредени со Холандските стандарди (Новата холандска листа: <http://www.contaminatedland.co.uk/std-guid/dutch-l.htm>). Беше заклучено дека анализираните елементи не ги надминуваат вредностите за интервенција. Само во примероците означени P-1 и P-9 бакарот ја надминува интервентната вредност од 190 мг / кг, и примероците означени P-1 и P-6 ја надминуваат интервентната вредности за арсен од 55 mg / kg. Треба да се спомене дека примероците се надвор од концесиската област и дека надминатите вредности не се екстремно повисоки од интервентните вредности. Ние треба да спомнеме дека присуството на бакар во пробите околу локацијата Бучим може да се должи на неговата употреба во земјоделски цели.

Табела 6. Резултатите од анализираните примероци од почвата собрани во близина на рудникот за бакар и флотација „Бучим“
Вредностите за Al, Ca, Fe, K, Mg и Na се дадени во%, резултатите за остатокот од елементите се дадени во mg / kg

No	Sample	Al	Ca	Fe	K	Mg	Na	Ag	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Li	Mn	Ni	Pb	Sr	V	Zn
1	P-2	2.79	0.95	2.48	1.72	0.63	1.60	<0.1	73.6	310	1.44	5.5	54.4	428	8.80	838	25.9	108	94.1	65.6	35.3
2	P-3	4.17	0.58	1.34	2.75	0.31	1.61	<0.1	22.9	269	1.01	3.2	28.1	21.6	10.3	905	13.1	155	61.3	22.8	41.0
3	P-4	5.08	1.17	3.51	1.79	1.11	1.52	<0.1	49.9	516	1.98	9.5	79.8	27.0	10.3	762	36.5	59.6	144	81.8	60.4
4	P-5	4.57	1.03	2.72	1.49	0.60	1.64	<0.1	35.7	379	2.05	6.1	61.1	97.9	7.06	1005	30.9	56.3	137	65.1	51.1
5	P-6	6.50	1.16	3.21	2.31	0.79	1.53	<0.1	42.2	537	2.79	7.1	94.3	45.2	13.2	1259	37.7	55.5	153	68.8	69.5
6	P-7	5.84	0.92	2.57	2.47	0.54	1.79	<0.1	71.7	368	0.81	5.2	40.4	18.6	7.71	1339	22.0	195	113	59.0	158
7	P-8	6.13	2.31	4.87	1.22	1.53	2.00	<0.1	37.4	359	1.85	9.6	124	53.8	10.6	1498	46.2	30.6	183	145	97.2
8	P-9	4.81	0.39	3.13	2.74	0.37	1.20	<0.1	41.0	500	2.06	9.3	45.8	107	6.18	846	19.8	77.2	123	69.0	26.5
9	P-10	5.82	0.66	3.56	2.18	0.67	1.48	<0.1	18.1	457	2.36	9.1	60.3	208	8.55	465	26.5	66.8	168	82.7	26.3
10	P-11	5.31	0.65	2.29	3.06	0.44	1.40	<0.1	24.8	454	0.71	6.9	35.7	57.2	9.08	900	17.6	119	95.8	52.7	23.1
11	P-12	4.10	0.90	2.79	2.16	0.69	1.43	<0.1	31.2	472	1.90	5.3	70.1	107	9.75	1030	40.1	83.6	126	76.1	28.8
12	P-13	2.78	0.52	2.12	2.46	0.423	1.72	<0.1	24.6	370	1.29	4.9	50.7	50.2	8.33	740	26.7	66.9	88.7	59.5	16.5
13	P-14	6.16	0.85	2.67	2.49	0.43	1.73	<0.1	18.3	457	1.64	5.7	50.9	78.6	7.65	1374	26.5	63.6	173	64.1	15.4
14	P-15	6.09	1.31	3.33	2.10	0.76	1.55	<0.1	46.3	466	1.51	7.2	56.5	202	7.21	1169	28.3	78.8	189	79.0	25.0
15	P-16	6.45	1.37	3.82	2.20	0.92	1.69	<0.1	29.9	489	1.47	8.7	64.4	305	7.32	1746	30.1	66.4	212	87.7	36.9
16	P-17	3.20	1.93	4.36	1.26	1.50	1.25	<0.1	9.85	164	1.88	12.4	98.5	70.2	13.7	883	42.8	33.2	78.5	142	54.4
17	P-18	3.37	1.77	3.27	2.34	1.06	1.79	<0.1	24.8	407	0.80	6.7	76.9	356	8.60	1277	33.2	44.8	117	86.1	30.9
18	P-19	3.38	0.56	1.73	2.30	0.46	1.62	<0.1	23.6	358	0.76	4.5	20.6	32.9	9.66	598	8.9	33.1	55.2	37.0	48.0
19	P-20	2.82	1.46	2.74	1.92	0.92	1.58	<0.1	22.5	337	0.71	5.1	63.7	118	7.24	942	26.4	51.1	93.6	77.4	22.6
(The new Dutchlist: http://www.contaminatedland.co.uk/std-guid/dutch-l.htm)																					
		Al	Ca	Fe	K	Mg	Na	Ag	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Li	Mn	Ni	Pb	Sr	V	Zn
Referent value		-	-	-	-	-	-	-	29	160	0,8	9	100	36	-	-	35	85	-	42	140
Intervention value		-	-					15	55	625	12	240	380	190	-	-	210	530	-	250	720

Општите вредности за просечните вкупни содржини на Cu во почвите од различни видови во целиот свет се пријавени да се движи помеѓу 20 и 30 mg kg^{-1} (Олвеј, 1995). Сепак, вредности под 10 mg kg^{-1} се многу често се наведува и на тој начин, на глобалниот опсег за средна вредност на Cu .

Концентрација во киселите песочни почви до 80 mg на kg се наведува дека се од 8 mg kg^{-1} во тешка глинеста почви (Кабата-Пендиас и Пендиас 2001). Други извори (Асетх и Норсетх, 1986 година; ATSDR 1990) дадоа глобалниот опсег за Cu во почвите како 2-250 mg kg^{-1} . Општо земено, Cu е акумулиран во горните неколку сантиметри на почви, но тоа има тенденција да биде апсорбер од органски соединенија, карбонати, глина, минерали, и на Mn и Fe , исто така и во подлабоките слоеви на почвата. (Јансен и Сор. 1997).

Средната содржина на концентрации на Cu во обработливи површини на различни почви во земјите на ЕУ се прилично слични (во mg kg^{-1})

- Финска: 13-29 за минерални и органски почви, соодветно (Мантилахти и Лаксо 2002)

- Германија: 1-130, значи 14,4 (Олвеј, 1995)

- Италија, средната вредност: 51 (Arduini et al, 1995 година.)

- Полска: 1 - 100, значи 14,6 (Кабата-Пендиас и Пендиас 1999)

- Шведска: 2-45, значи 17 (Ерикссон 2001а)

- Велика Британија: 1.2 -1 508, значи 23 (Олвеј 1995)

Бакарот се сретнува во повеќето почви како $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_2^+$ јонски апсорбер на глина минерали или на други минерални и органски почвени компоненти.

Во зависност од почвената pH , Соединенијата може да се јавуваат во разни форми: Соединенија 2^+ , Cu^+ , $\text{Cu}(\text{Cl}_2)^-$, CuSO_4 , $\text{Cu}(\text{OH})$, и (Мекбрајд 1981; Олвеј, 1995).

Концентрации на Cu во почвата со гранични вредности се движат од 0,5 до 135 mg kg^{-1} . Во зависност од техниките кои се користат за извлекување на граничните вредности и на почвените типови. Во раствор на почвата може да се појави како катјони: Cu^{2+} , CuOH^+ , $\text{Cu}_2(\text{OH})^+$, и како анјони: $\text{Cu}(\text{OH})_3^-$, $\text{Cu}(\text{OH})_4^{2-}$, и $\text{Cu}(\text{CO}_3)^{2-}$ (Кабата-Пендиас и Садурски 2004); (Понизовски и сор.) (2006)

Сепак, и да е биде општо наведено дека граничните вредности со содржината подолу од 10 mg килограм⁻¹ во различни почви може да укажуваат на недостатоците. Контаминација на почвата од страна на Cu соединенија е предмет на детални студии за повеќе децении и голема база на податоци е веќе собрани и презентирани во бројни монографии и документи. Неколку значајни извори како ѓубриво, милта, агрохемикалии, индустриски нуспроизвод отпад и за квалитетот на водите за наводнување придонесоа за зголемување на нивото на Cu на земјоделските почви. Високо зголемување на нивото на Cu се забележани во околните почви Cu рудници и топилници. Како Cu е само малку мобилни под повеќето услови на почвата, нејзината покачена содржина може да трае долго време.(Хачинсон1979).

Внесување на Cu во почвите од сточарските фарми во земјите членки на ЕУ во голема мера се разликуваат (во g ха⁻¹год⁻¹): Максимална дозволена количини на Cu во обработлива почва на Земјите на ЕУ се проценува на околу 12 kg ха⁻¹год⁻¹. Опсег на максимални вредности често се цитира во литература во опсег 20-100 mg kg⁻¹(Кабата-Пендиас и Садурски 2004).

Мерки на претпазливост

Гранични вредности за Cu во Германија се основаат за почвите на различни текстура како што следи (во mg Cu kg⁻¹): Глина, 100; кирпич, 60; и песок, 30 (Eckel et al.,2005).

Меѓу различните методи кои се користат за да се санираат Cu-контаминирани почви, е со насипување со органски материи. На пример (Kikkilä, 2002) студирал санација на техники за загаден почви, 0,5 км далеку од Cu-Ni топилницата во Финска, стара слама и лисје со органски материи (мешавина на компост и дрвени струготини).

Хемиски Елемент Chemical element	P. Македонија R. of Macedonia (mg/kg)
As	30
Cd	3
Co	50
Cr	100
Cu	100
Ni	70
Pb	100
Zn	200

Табела 7. Препорачани максимално дозволени концентрации на тешки метали во почва и седиментите (извадок од Квалитетот на животна средина во РМ Годишен извештај за 2007 година – Министерство за животна средина и просторно планирање.

Table 7. Recommended maximum permitted concentrations of heavy metals in soil and sediments (excerpt from the Quality of environment in Macedonia Annual Report 2007 - Ministry of Environment and Physical Planning)

8. Максимално дозволени масени удели (во mg/kg) во почви и седименти за As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb и Zn во различни држави (извадок од KABATA-PENDIAS, 1995)

Figure 8. Values of maximum allowable limits (M.A.L.) for heavy metals in soil (mg/kg) used in different countries (by KABATAPENDIAS, 1995)

Хемиски Елемент Chemical element	Австрија Austria	Полска Poland	Јапонија Japan	Канада Canada	Германија Germany	Италија Italy	Обединето Кралство United Kingdom	Холандија Референтни/ интервентни
As	-	-	-	-	-	-	-	29/55
Cd	5	3	-	8	2	2	3	0,8/12
Co	50	50	50	25	-	20	-	20/240
Cr	100	100	-	75	200	150	50	100/380
Cu	100	100	125	100	50	120	100	36/190
Ni	100	100	100	100	100	120	50	35/210
Pb	100	100	400	200	500	100	100	85/53
Zn	300	300	250	400	300	150	300	140/720

XI. Мониторирање на просторот околу индустрискиот комплекс на Бучим, во услови на работа на инсталацијата за лужење на бакар

Во ова поглавје ќе биде опфатен мониторингот околу инсталацијата за лужење на бакар во период на нејзино работење и влијанието на разни емисии во вода и почва.

XI. 1. Мониторирање на почви околу просторот на Бучимскиот индустриски комплекс

Табела 9. Резултатите од анализираните примероци од почва во околината на рудник „Бучим“ на ден 18.3.2015 година

Table 9. The results of the analyzed samples of soil near Mine Mine 18.03.2015 day of Year

Ред.бр	Име на елементот	Ознака	До пумпна станица	Над површински коп	Под објект Лужење	Мерна единица	Холандски стандард mg/kg
1	Алуминиум	Al	8,1	6,7	7,4	%	-
2	Натриум	Na	1,8	1,6	1,9	%	-
3	Железо	Fe	5,1	4,1	3,2	%	-
4	Манган	Mn	1141	691	711	mg/kg	-
5	Бариум	Ba	123	269	145	mg/kg	160-625
6	Кобалт	Co	47	18	14	mg/kg	9-240
7	Никел	Ni	26	20	16,6	mg/kg	35-210
8	Кадмиум	Cd	<1	<1	<1	mg/kg	0,8-12
9	Бакар	Cu	168	178	146	mg/kg	36-190
10	Литиум	Li	16	6	10	mg/kg	-
11	Сребро	Ag	5720	<1000	<1000	µg/kg	15



Слика 23. Локации во околината на рудник „Бучим“ и погон лужење од кои се земани примероци од почвата

Figure 23. Locations near mine Buchim and pickling plant of which were taken soil samples

XI. 2. Мониторирање на проточни и бунарски води во Дамјанско Поле со вклучени моноторинзи на пиезометри

Во ова поглавје е опфатен мониторингот на површински проточни води и подземни води од пиезометри, во околината на инсталацијата на лужење на бакар и просторот во Дамјанско Поле.

1. Мониторинг на водата

Отпадни води (води од јаловиште):

- VP-1, Колектор на браната хидројаловиште
- VP-2, реката Тополница под мостот на патот Радовиш-Штип

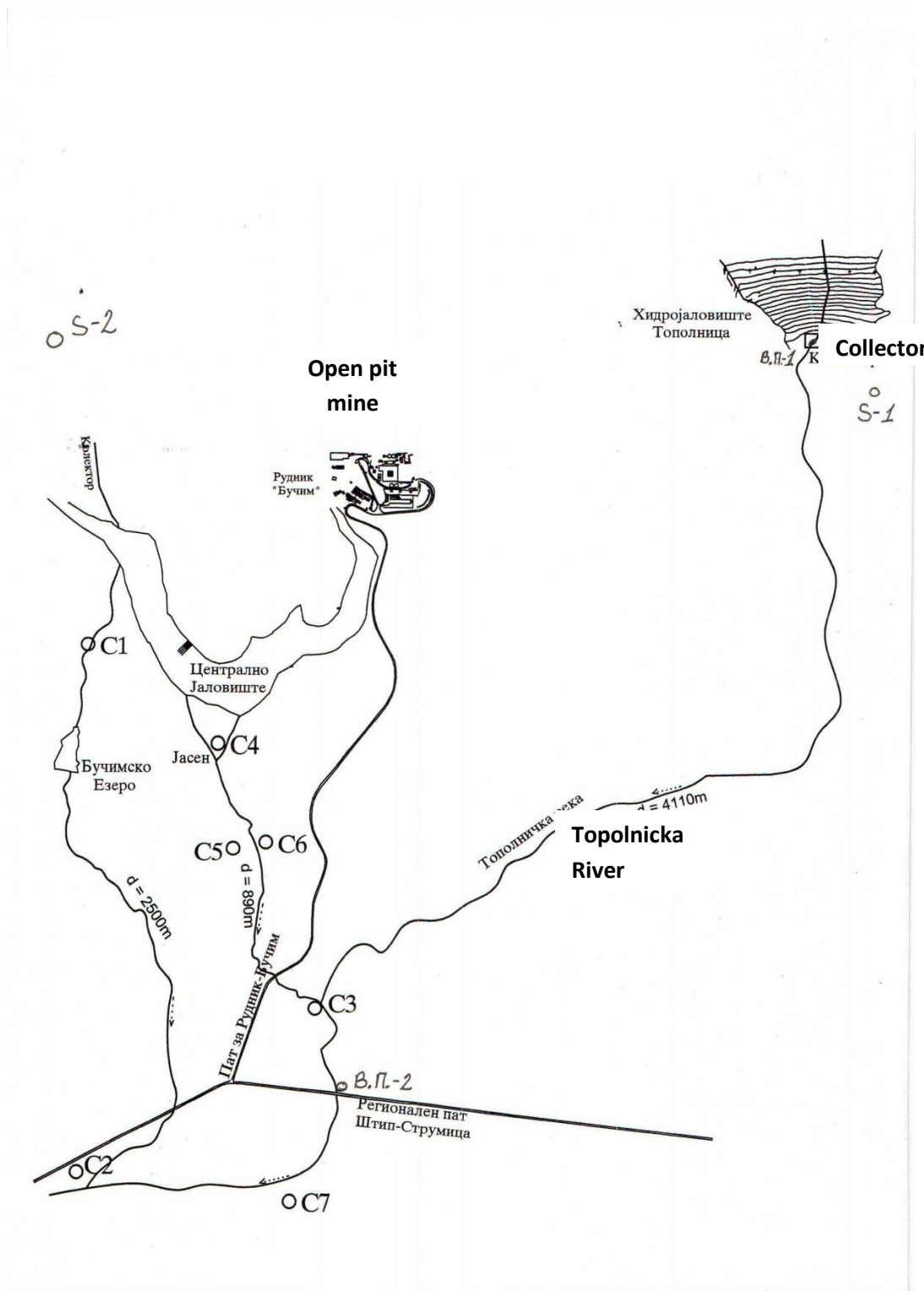
Подземни води, во ова поглавје се опфатени подземните води кои се контролираат со пиезометри кои се распоредени во близината околу инсталацијата за лужење на бакар.

- C-1-D-1, пиезометар на Бучимски Дол под браната
- C-2, пиезометар во Дамјански Поле на крајот на Бучимски Дол

- C-3, пиезометар на спој на Јасенов Дол со Тополничка Река
- C-4, пиезометар блиску до погонот Лужење
- C-5, пиезометар под резервна брана Јасенов Дол, од левата страна
- C-6, пиезометар под резервна брана на Јасенов Дол, од десната страна на патот
- C-7, пиезометар, стар бунар, користен само за земање проби.

Земањето на проби и анализи беа изведени квартално (на почетокот на март, јуни, септември и декември во 2012 година). Беа анализирани следните параметри: боја, мирис, температура, рН, нивото на водата во пиезометрите и бунарот, хемиската побарувачка на кислород како потрошувачка на KMnO_4 , вкупните суви материи на 105°C , суспендираните материи, растворените материи, концентрацијата на бакар, концентрација на сребро, концентрација на амонијак, концентрацијата на нитрати, концентрацијата на нитрити и концентрација на вкупни фосфати.

Просечните вредности за анализираните параметри се дадени во Табела 10.



Слика 24. Локациите на пиезометрите и емисии на површинските води во „Бучим“
 Figure 24. The locations of piezometers and emissions of surface waters in Mine Bucim

Табела 10. Просечни вредности на физичко-хемиски и хемиски анализи на примероци на вода од *Бучим* собрани во 2012 година

Table 10. Average values of physico- chemical and chemical analyzes of water samples collected from Mine Bucim in 2012

	Parameter	VP-1	VP-2	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	Maximal allowed concentration according to MKD III class
1.	Color	Low turbidity	Cloudy	Colorless	Low turbidity	Cloudy	Colorless	Low turbidity	Low turbidity	Low turbidity	Low turbidity
2.	<i>Odor</i>	Noticeable	Poorly noticeable	No	No	No	No	No	Poorly noticeable	No	Poorly noticeable
3.	<i>Temperature, °C</i>	13,4	12,5	14,0	11,2	14,2	14,9	14,1	14,4	13,0	-
4.	pH	7,5	7,3	6,5	4,9	5,5	4,9	6,5	6,7	5,5	6,0 ÷ 6,3
5.	<i>The water level in the piezometer, m</i>	-	-	3,80	5,8	3,9	4,1	5,3	5,1	5,2	-
6.	<i>COD-KMnO₄, mg/l O₂</i>	11,3	17,6	7,6	26,8	6,9	7,3	18,5	16,8	42,0	5,01 ÷ 10,0
7.	<i>Total dried matters at 105 °C, mg/l</i>	1371	1380	860	3204	898	1330	760	1390	3190	-
8.	<i>Dissolved matters, mg/l</i>	1306	1022	842	2908	845	1276	730	1340	3005	1000
9.	<i>Suspended matters, mg/l</i>	60	350	19	290	53	54	28	50	188	30 ÷ 60
10.	<i>Copper, Cu²⁺, mg/l</i>	0,026	0,020	0,015	0,56	0,23	0,022	0,30	0,05	0,42	0,05
11.	<i>Silver, Ag⁺, mg/l</i>	0,001	0,001	0,001	0,015	0,015	0,001	0,01	0,01	0,02	0,02
12.	<i>Ammonia, NH₄⁺, mg/l</i>	1,63	1,35	0,65	1,9	0,16	0,30	0,81	1,4	1,6	10,0
13.	<i>Nitrates, NO₃⁻, mg/l</i>	6,0	11,0	11,0	39,9	10,5	24,8	19,7	13,1	11,5	15,0
14.	<i>Nitrites, NO₂⁻, mg/l</i>	0,45	0,40	0,18	0,41	0,12	0,16	0,16	0,15	0,30	0,5
15	<i>Total phosphates, PO₄³⁻, mg/l</i>	0,09*	0,03	0,01	0,01	0,03	0,05	0,03	0,04	0,25	0,0071 ÷ 0,01 0,011 ÷ 0,02*

Добиените резултати од анализата го покажуваат следново:

Отпадни води

Во ова поглавје се опфатени површински води на излез од колектор од хидројаловиште Тополница и карактеристична мониторинг точка на самиот пат Радовиш – Штип.

ВП -1, КOLEKTOP на браната хидројаловиште. Сите примероци од отпадните води од браната хидројаловиште ги надминуваат националните дозволени нивоа за мирис, концентрацијата на растворени и суспендирани материи, а во два случаи (примероци од септември и декември) и концентрацијата на вкупните фосфати.

ВП - 2, реката Тополница под мостот на патот Радовиш-Штип Во сите примероци од отпадните води од браната хидројаловиште се надминуваат националните дозволени нивоа за боја, а во два случаи (примерок од септември и декември) концентрацијата на растворени и суспендирани материи, и концентрацијата на вкупните фосфати

Општо земено отпадните води ги надминуваат границите само за неколку параметри со многу ниска концентрација на бакар, хемиската побарувачка на кислород и други хемиски параметри.

Подземни води:

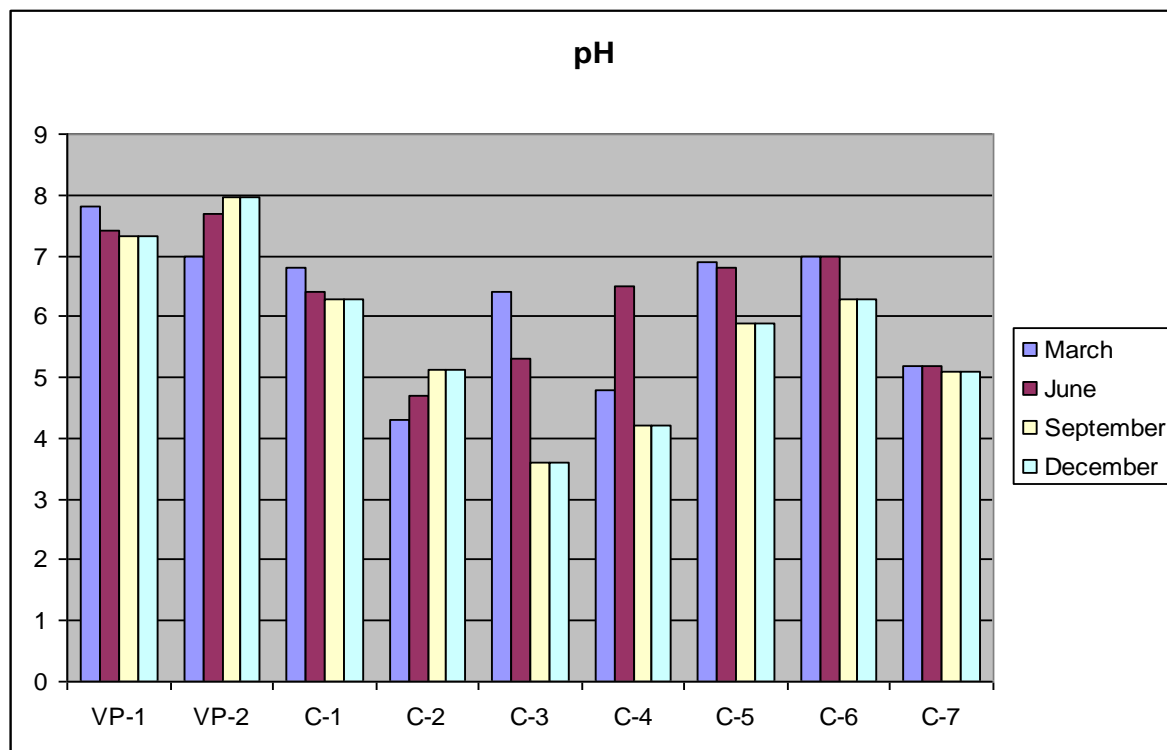
Проби на вода земени од пиезометрите во околината на инсталацијата за лужење на бакар во рудникот „Бучим“ Радовиш.

С-1, под брана D-1, пиезомертар во Бучимски Дол под браната. Само во еден случај (јуни) концентрацијата на растворени материи беше во рамките на граница, а потрошувачката на кислород е поголем во примероците од јуни и декември.

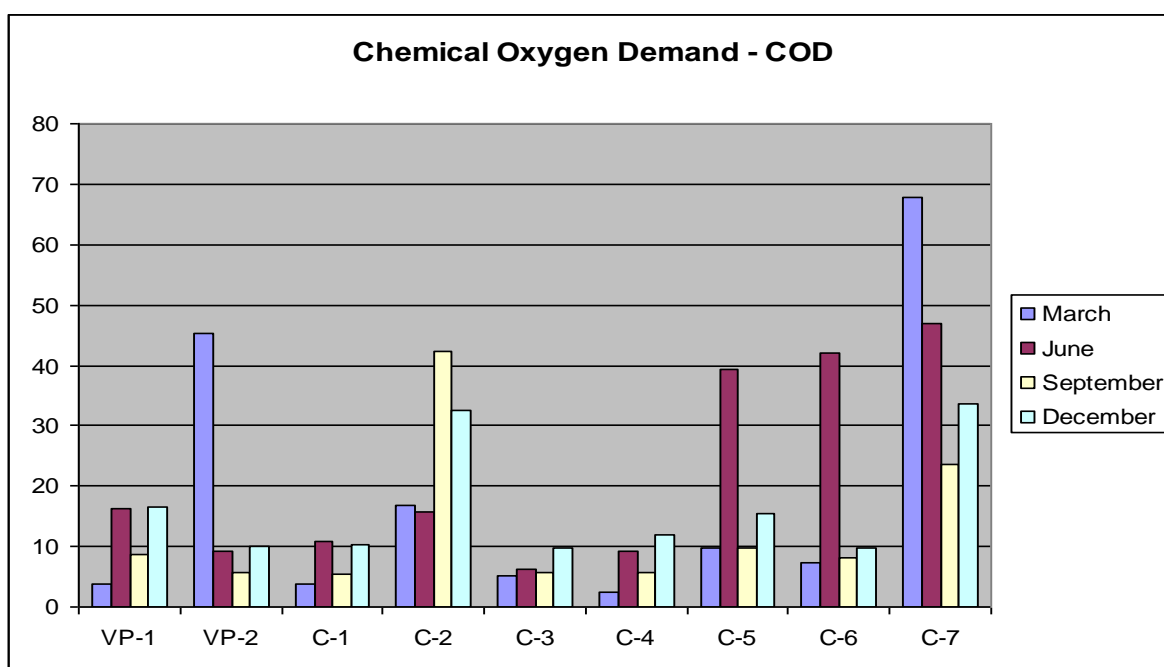
- С-2, пиезомертар во Дамјанско Поле на крајот на Бучимски Дол. Водата од овој пиезомертар има поголема потрошувачка на кислород (освен во примерокот од јуни), а потоа повисока концентрација на растворени и суспендирани материи.

- C-3, пиезомертар на спој на Јасенов Дол со Тополничка Река. Водата од овој пиезомертар во одреден период има повисока концентрација на суспендирани (март) и растворени (јуни) материји, фосфати (јуни, септември и декември) и бакар (септември и декември).
- C-4, пиезомертар блиску до погонот Лужење. Водата од овој пиезомертар има повисока концентрација на фосфати и во некои периоди растворени материји (март), и нитрати и нитрити.
- C-5, пиезомертар под резервната брана на Јасенов Дол, од левата страна на патот. Водата од овој пиезомертар има постојано повисока концентрација на бакар со тренд на намалување во текот на годината.
- C-6, пиезомертар под почвата на браната Јасенов Дол, од десната страна на патот. Растворени и суспендирани честички (март, декември) се повисоки од дозволената граница, како што се нитрати, нитрити и фосфати.
- C-7, пиезомертар, стар бунар, користен само за земање проби. Водата од овој пиезомертар има постојано повисока концентрација на бакар и хемиска побарувачка на кислород со тренд на намалување во текот на годината.

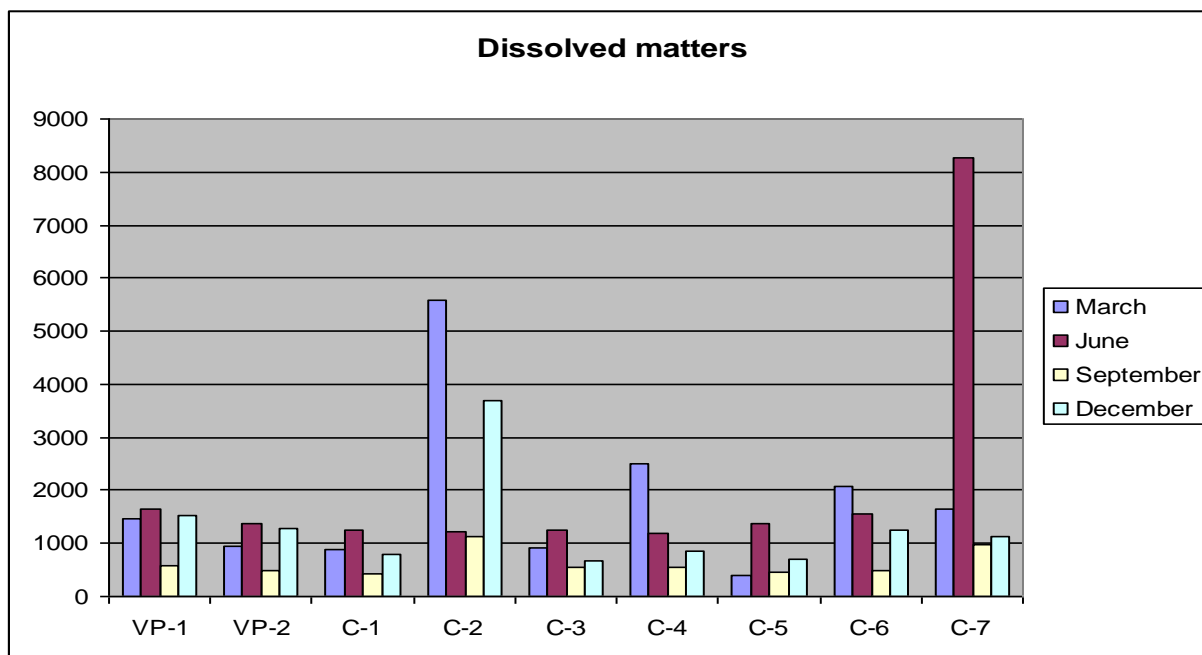
Во основа водите од пиезомертрите се контаминирани со некои од хемиските параметри со тренд на намалување во текот на годината.



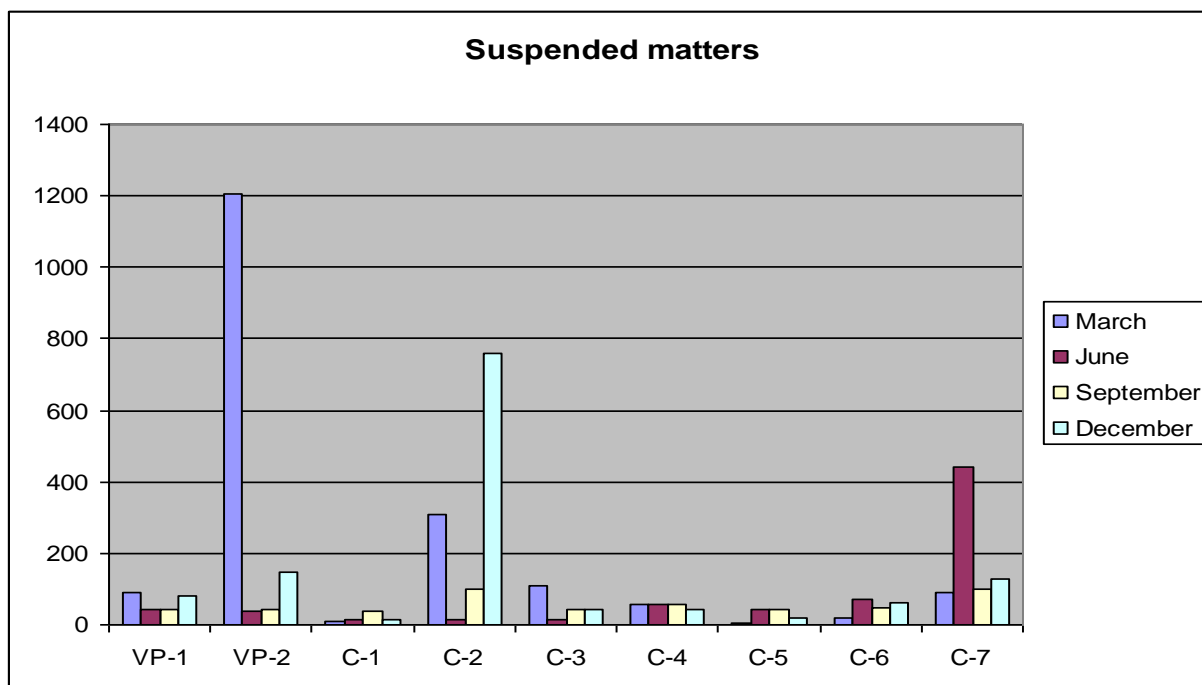
Слика 25. Вредности за pH во површински и подземните води
Figure 25. Values of pH in surface and groundwater



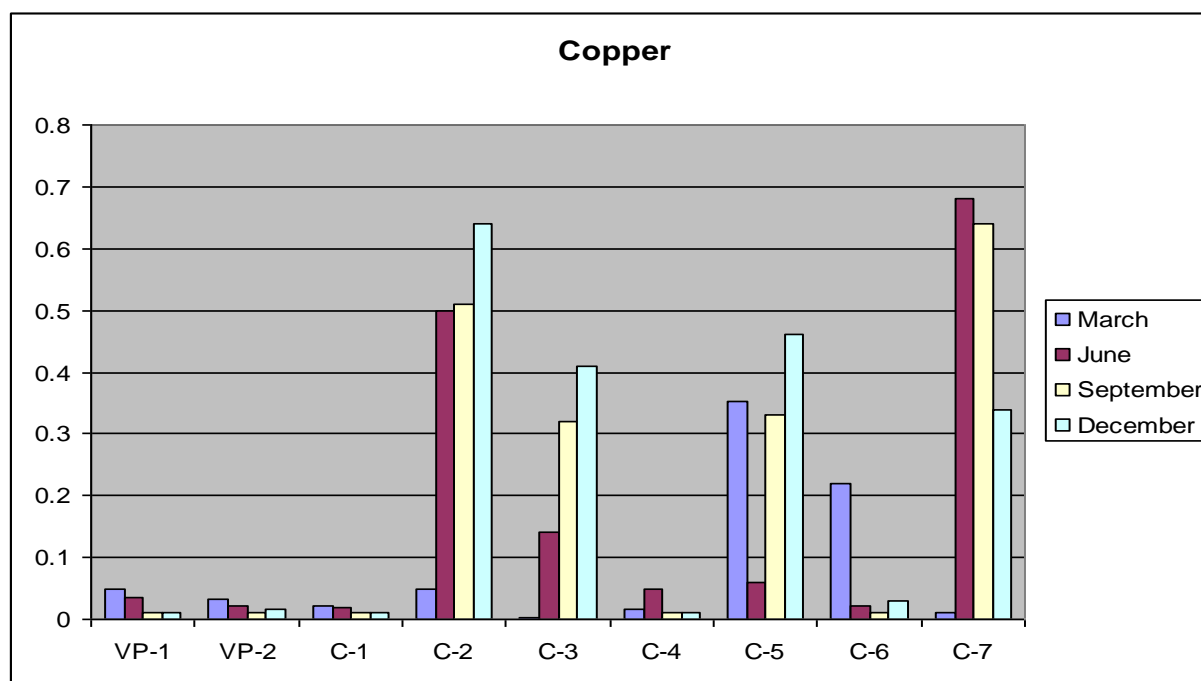
Слика. 26. Вредностите за хемиски кислород (во mg / L O₂)
Figure 26. The values for the chemical oxygen (in mg / L O₂)



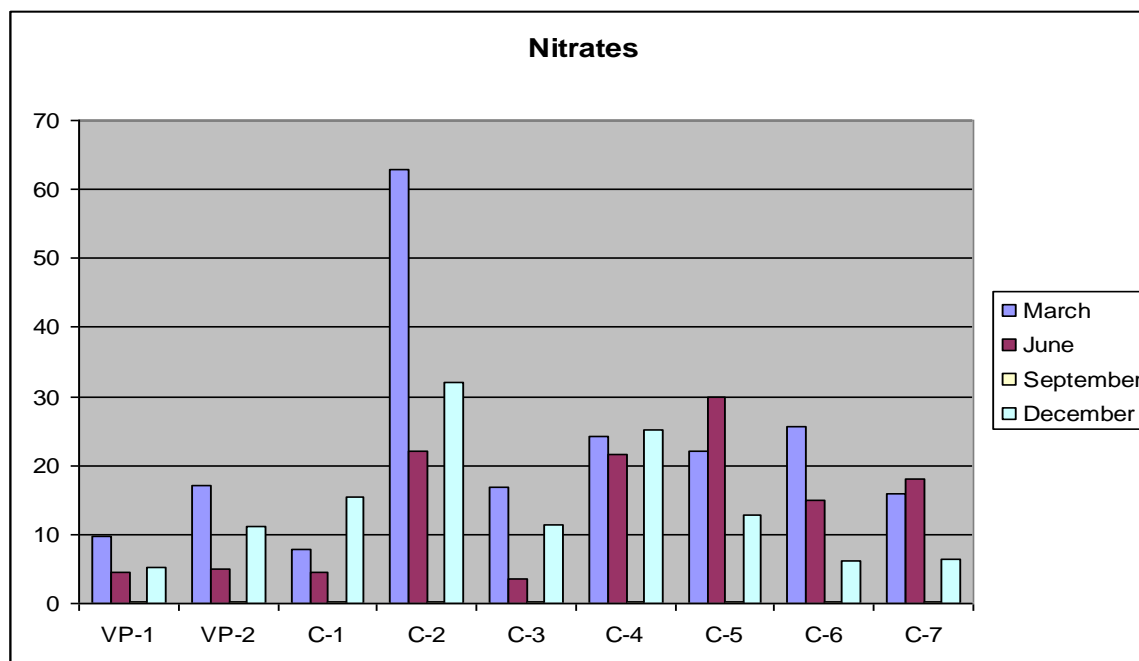
Слика 27. Вредностите за растворени материи (во mg/L)
 Figure 27. The values of dissolved substances (in mg / L)



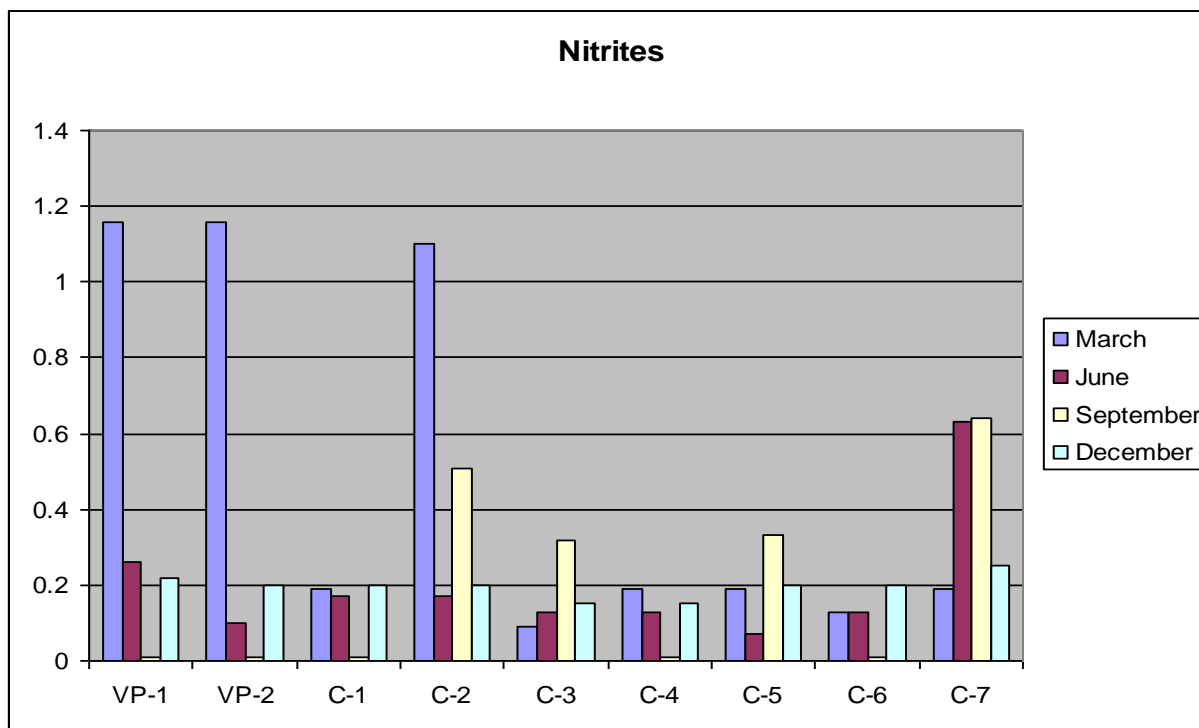
Слика 28. Вредностите за суспендирани материи (во mg/L)
 Figure 28. The values for suspended solids (in mg / L)



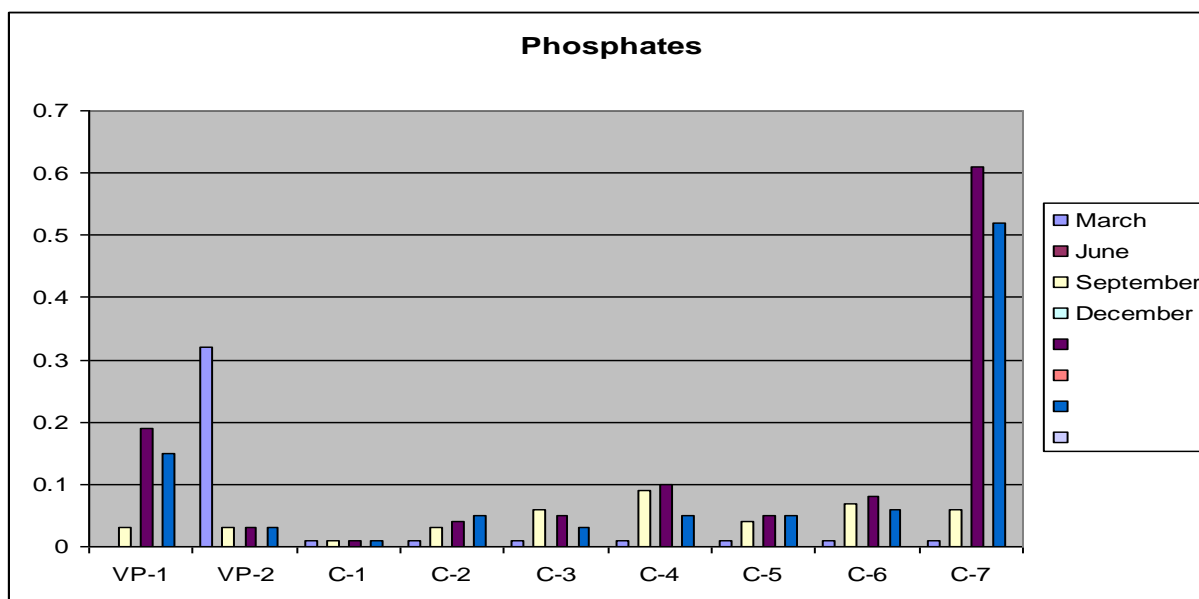
Слика 29. Концентрацијата на бакар (во mg/L)
Figure 29. Copper concentration (in mg / L)



Слика 30. Концентрацијата на нитрати (во mg/L)
Figure 30. Nitrate concentration (in mg / L)



Слика 31. Концентрацијата на нитрати (во mg/L)
Figure 31. Nitrate concentration (in mg / L)



Слика 32. Концентрацијата на фосфати (во mg/L)
Figure 32. Phosphate concentration (in mg / L)

Табела 11. Просечни вредности на физичко-хемиски и хемиски анализи на примероци на вода од „Бучим“ собрани во 2013 година

Table 11. Average values of physico- chemical and chemical analyzes of water samples collected from Mine Buchim in 2013

	Parameter	VE-1	VP-1	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	Maximal allowed concentration according to MKD III class
1.	Color	Low turbidity	Low turbidity	Colorless	Low turbidity	Low turbidity	Low turbidity	Low turbidity	Low turbidity	Low turbidity	Low turbidity
2.	Odor	Noticeable	Poorly noticeable	No	No	No	No	No	Poorly noticeable	No	Poorly noticeable
3.	Temperature, °C	18.0	17.5	18.0	15.5	17.5	19.0	18.0	18.0	16.0	-
4.	pH	7.16	7.46	6.23	5.18	5.41	7.01	6.68	6.77	6.27	6.0 ÷ 6.3
5.	The water level in the piezometer, m	-	-	3.5	5.7	3.4	3.6	4.7	4.2	4.8	-
6.	COD-KMnO ₄ , mg/l O ₂	5.50	7.63	3.14	7.47	3.21	23.69	5.95	6.78	5.98	5.01 ÷ 10.0
7.	Total dried matters at 105 °C, mg/l	1201	988	1314	4352	1133	728	597	1657	980	-
8.	Dissolved matters, mg/l	1437	1313	1360	3802	1123	951	1076	2896	1156	1000
9.	Suspended matters, mg/l	100	63	262	1039	181	15	27	115	89	30 ÷ 60
10.	Copper, Cu ²⁺ , mg/l	0.05	0.03	0.23	1.00	0.56	0.04	0.49	0.17	0.50	0.05
11.	Silver, Ag ⁺ , mg/l	0.003	0.001	0.006	0.020	0.018	0.008	0.011	0.010	0.009	0.02
12.	Ammonia, NH ₄ ⁺ , mg/l	0.58	0.10	0.09	0.05	0.02	0.07	0.02	0.29	0.15	10.0
13.	Nitrates, NO ₃ ⁻ , mg/l	0.31	1.39	1.40	0.94	0.47	2.06	1.38	0.52	0.67	15.0
14.	Nitrites, NO ₂ ⁻ , mg/l	0.12	0.58	0.03	0.02	0.02	0.56	0.02	0.19	0.02	0.5
15	Total phosphates, PO ₄ ³⁻ , mg/l	0.10	0.11	0.05	0.03	0.06	0.15	0.09	0.05	0.19	0.0071÷0.01 0.011÷0.02*

Отпадни води и пиезометри – 2013 година и добиените резултати:

В.Е-1, Колектор на браната хидројаловиште.

Во сите примероци на отпадните води од колекторот на хидројаловиштето ги надминува националните дозволеното ниво за мирис, концентрацијата на растворени материи и вкупни фосфати.

В.П -1, реката Тополница под мостот на патот Радовиш - Штип. Во сите примероци на отпадните води од мерното место ги надминува националните дозволени нивоа за растворени материи (примерок од јуни, септември и декември), суспендирани материи (во примерокот од декември), и концентрацијата на бакар (за примерокот од септември) и концентрација на вкупните фосфати.

Во принцип отпадните води ги надминува граничните вредности само за неколку параметри.

Подземните води:

С-1, пиезометар во Бучимски Дол под брана Д1. Само во еден случај (јуни) концентрацијата на растворени материи и концентрацијата на бакар во примерокот од декември беа во нормала на граничните вредности.

С-2, Пиезометар во Дамјанско Поле на крајот на Бучимски Дол. Водата од овој пиезометар има поголема потрошувачка на кислород (во примерите од март и септември); тогаш повисока концентрација на растворени и суспендирани материи и од бакар.

С-3, пиезометар на спојот на Јасенов Дол со реката Тополничка. Водата од овој пиезометар има во некој период повисока концентрација на суспендирани (март, септември и декември) и растворени материи во (март и септември) фосфати и бакар.

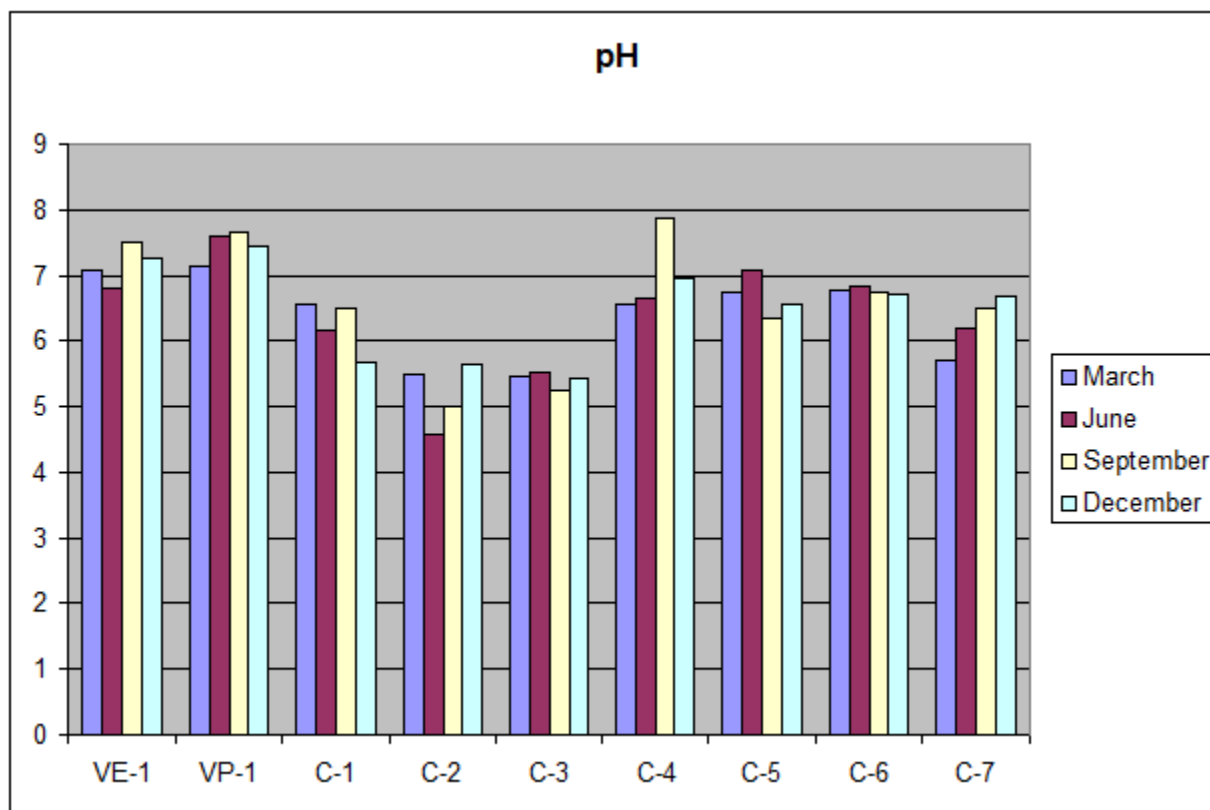
С-4, пиезометар во близина на објектот за лужење. Водата од овој пиезометар има повисока концентрација на фосфати и во одредени периоди растворени материи (јуни).

С-5, пиезометар под почвеноит насип во Јасенов Дол. Водата од овој пиезометар има постојано повисока концентрација само за бакар.

C-6, пиезометар под почвениот насип во Јасенов Дол. Растворени и суспендирани материи (мај, јуни) се повисоки од дозволените, како и концентрацијата на бакар во примероци од март и декември.

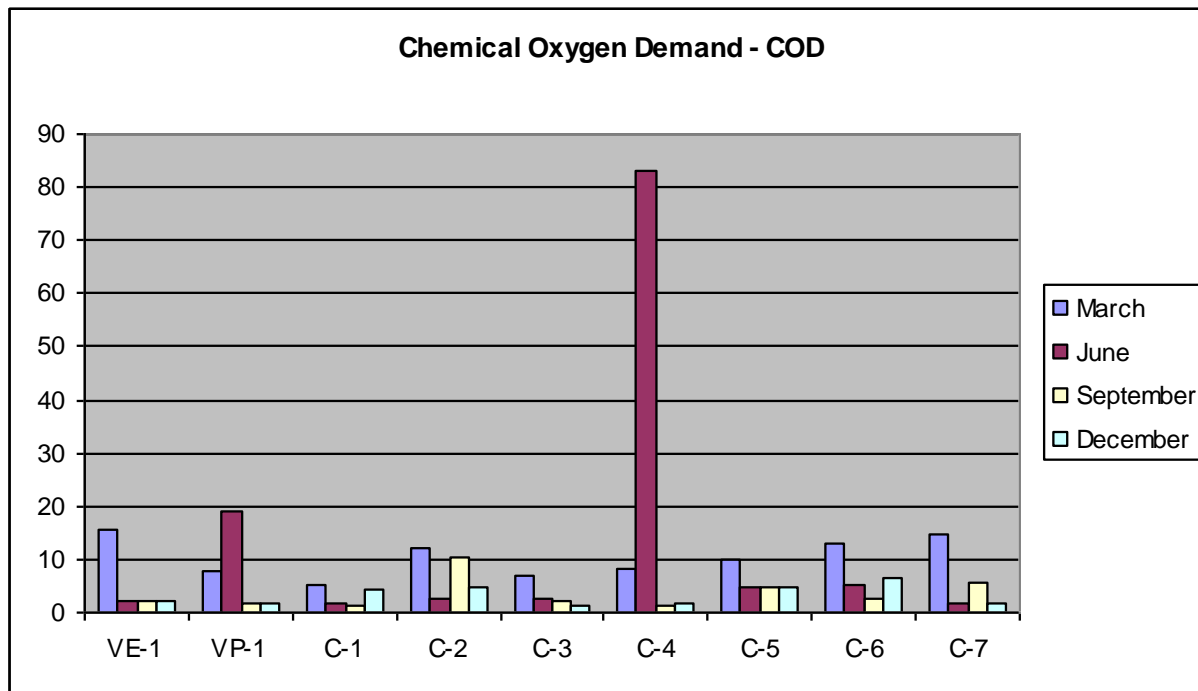
C-7, пиезометар, стар бунар за питка вода и се користат само за земање мостри. Водата од овој пиезометар има повисока концентрација на бакар во примероци од март до јуни, а потоа концентрацијата е под национално дозволеното ниво.

Во принцип водите од пиезометри се контаминирани со некои од хемиските параметри, со тренд на намалување на нивните текот на годината.



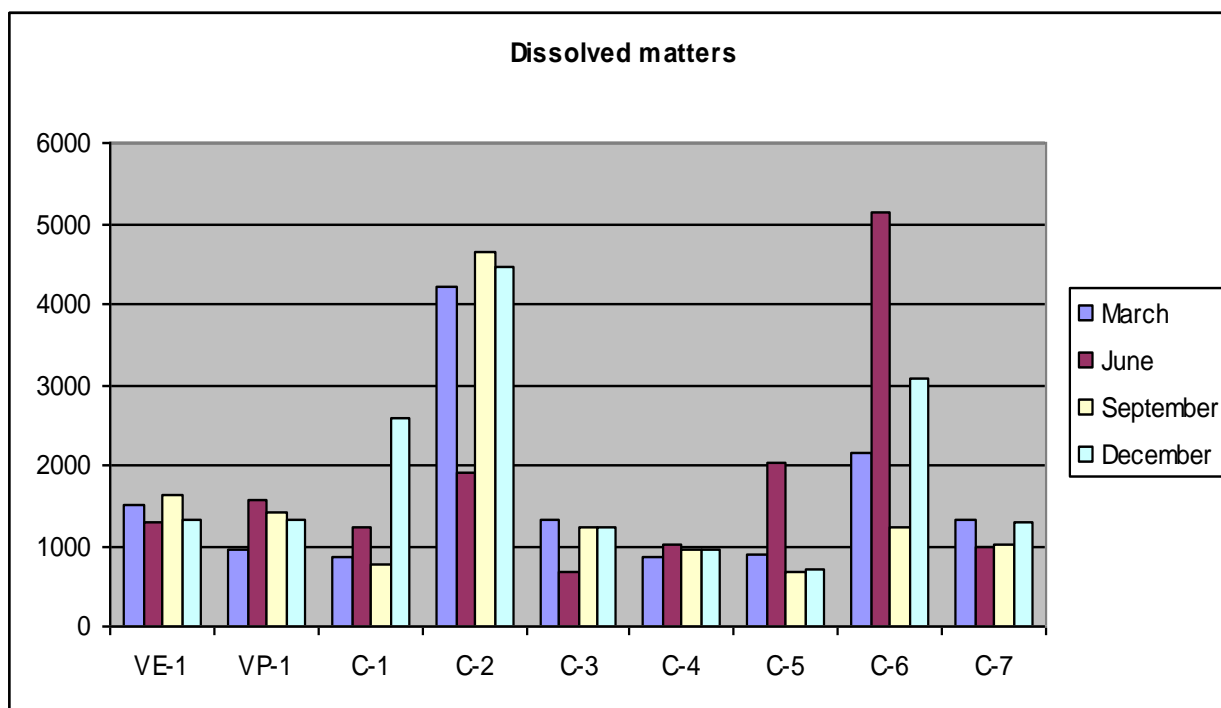
Слика 33. Вредности на pH во подземни води

Figure 33. The variation for pH in the waste and ground waters



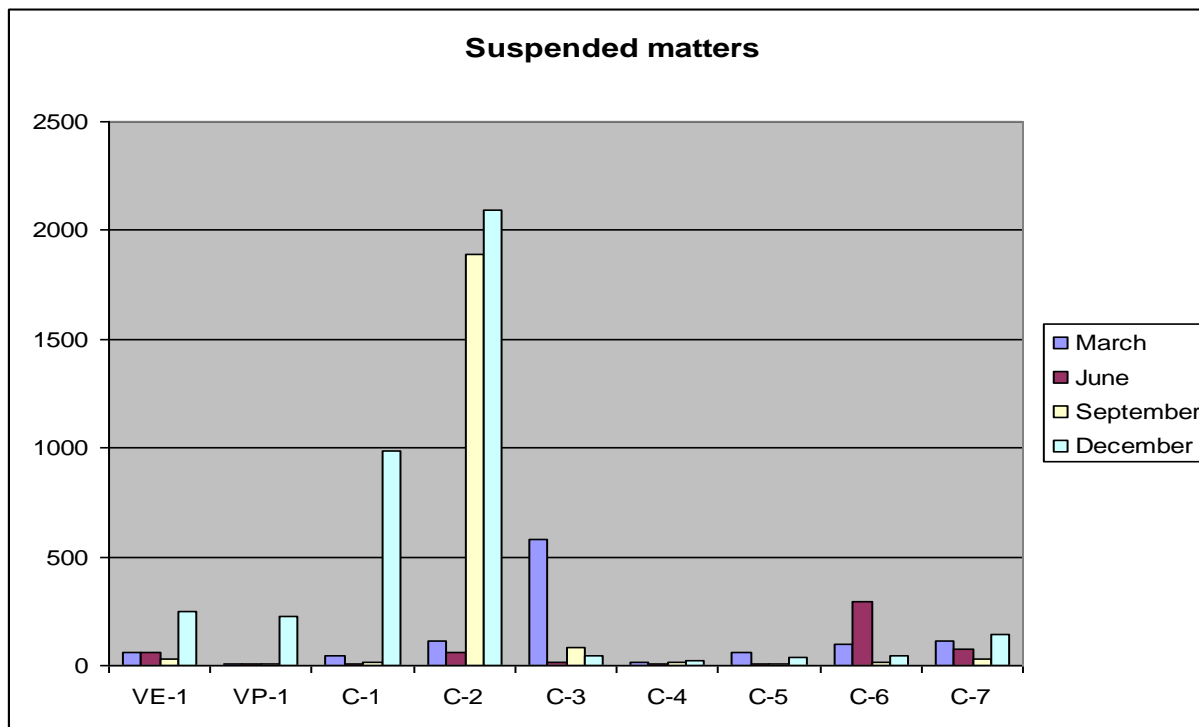
Слика 34. Вредности за хемиски кислород (во $\text{mg} / \text{l O}_2$)

Figure 34. The values for the Chemical Oxygen Demand – COD (in mg/L O_2)

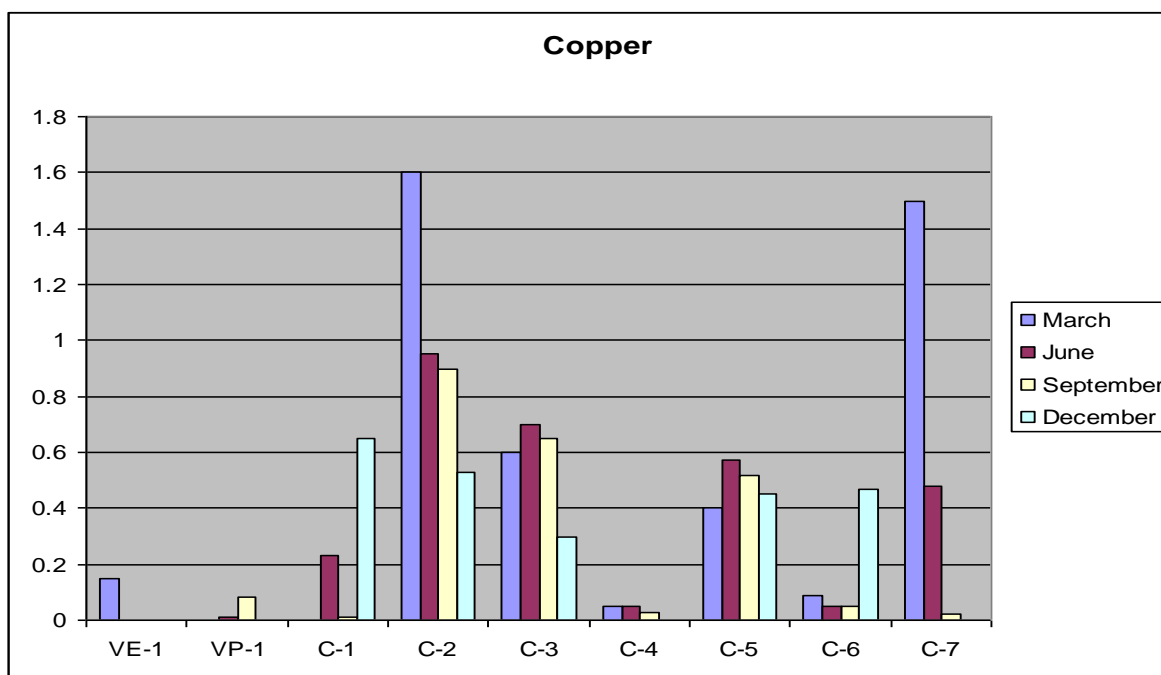


Слика 35. Вредности за растворени материи (во mg/L)

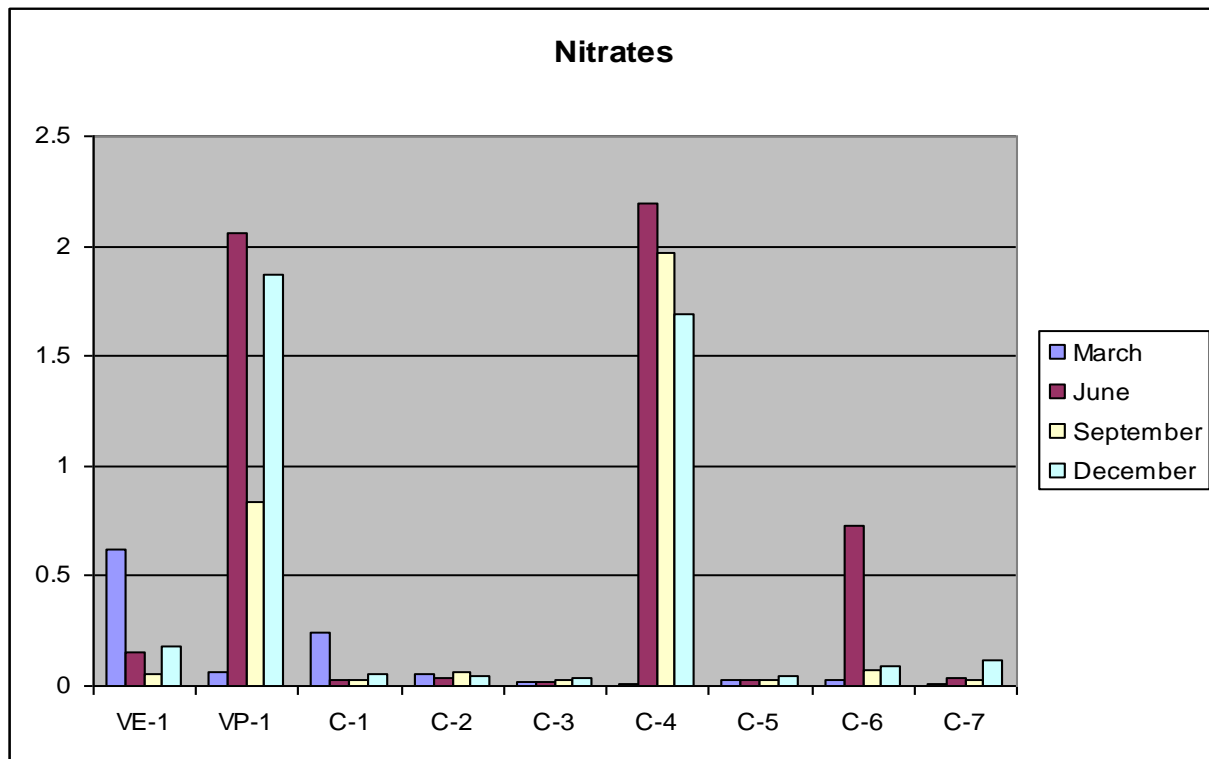
Figure. 35. The values for the dissolved matters (in mg/L)



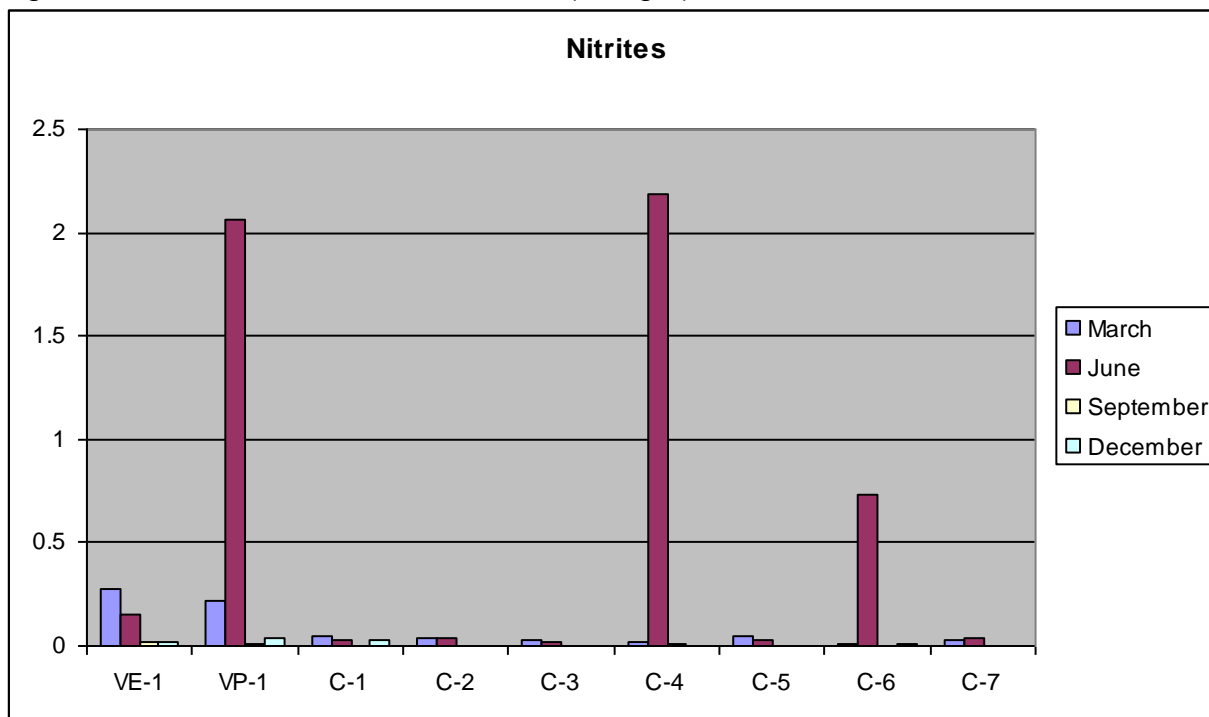
Слика 36. Вредности за суспендирани материи (во mg/L)
 Figure 36. The values for the suspended matters (in mg/L)



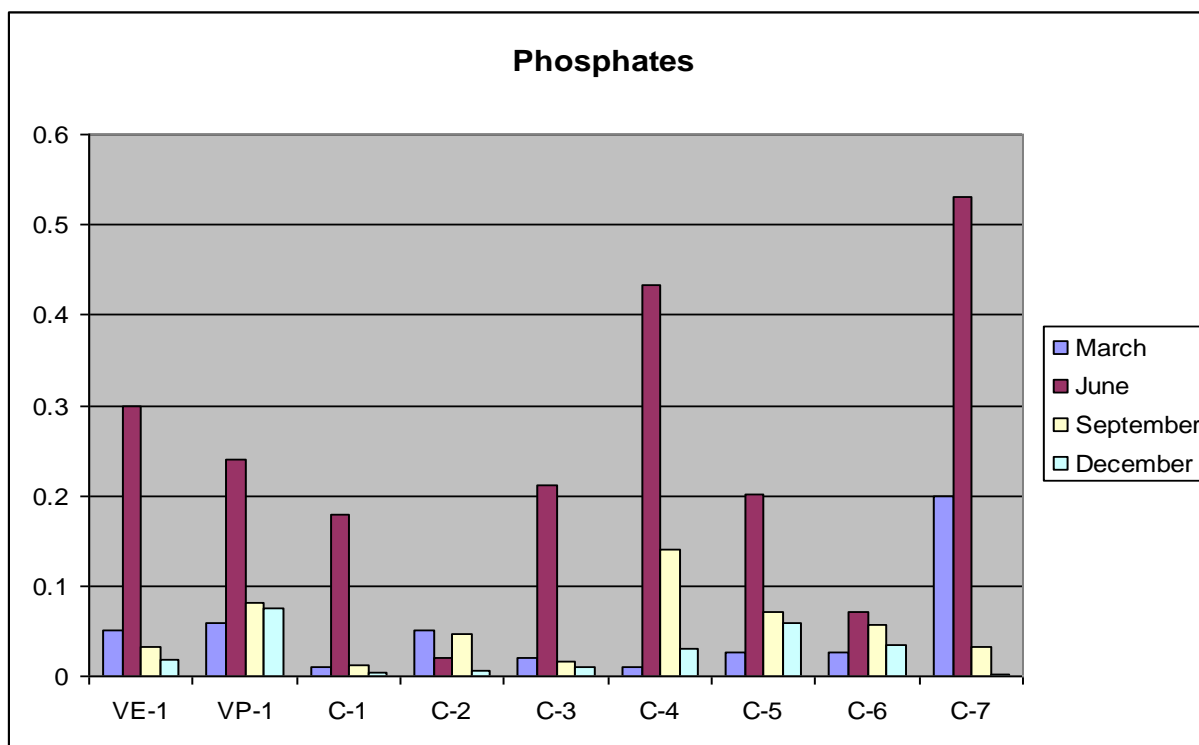
Слика 37. Концентрација на бакар (во mg/L)
 Figure 37. The concentration of copper (in mg/L)



Слика 38. Концентрација на нитрати (во mg/L)
Figure 38. The concentration of nitrates (in mg/L)



Слика 39. Концентрација на нитрати (во mg/L)
Figure 39. The concentration of nitrites (in mg/L)



Слика 40. Концентрација на фосфати (во mg/L)
Figure 40. The concentration of phosphates (in mg/L)

Сите мерења беа во границите на дозволените гранични вредности за својата категорија освен бакарот кои во пиезометар C-2 ги надминува граничните вредност кои не се високи според тоа како било во минатото на истото мерно место.

12. Мониторирање на проточни и изворски води долж течението на Крива Лакавица

Реката Крива Лакавица извира во општина Конче на надморска висина од 402,5 метри и е во должина од 42 km и е лева притока на река Брегалница.

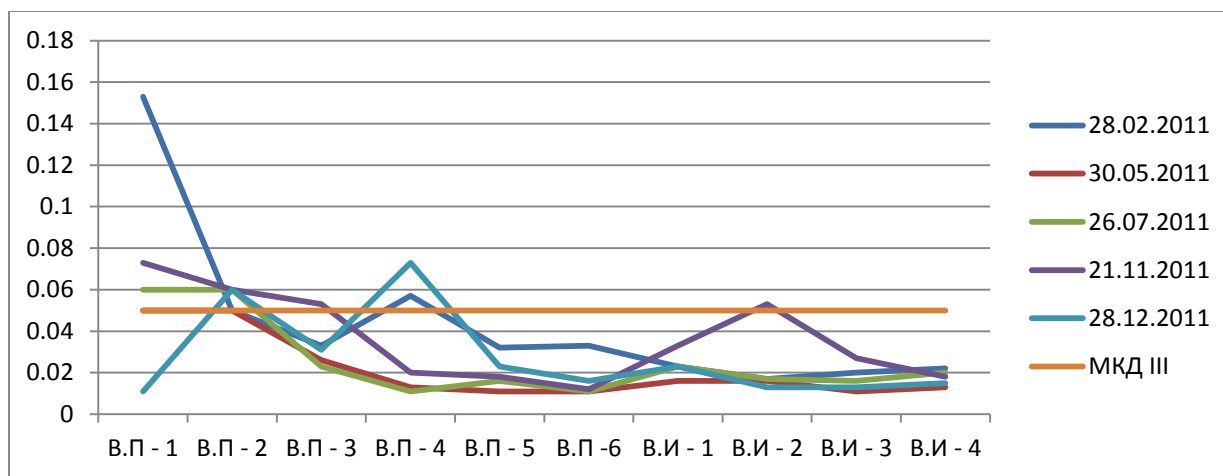
На самата река во 1978 година е изградено вештачкото езеро Мантово со површина од 4.94 km², должината на езерото 5,5 km, а ширината е 0,80 km. Од испустот на акумулацијата река Крива Лакавица создава еден мирен тек се до мостот Радовиш – Неготино, каде пред самиот мост се влива од десна страна Маденска Река од каде доаѓаат и водите од рудник „Бучим“.

Табела 12. Мониторинг на р. Крива Лакавица за 2011 год.

Table 12. Monitoring river Kriva Lakavica for 2011.

Мерно место	28.02.2011	30.05.2011	26.07.2011	21.11.2011	28.12.2011	МКД III
В.П - 1	0.153	0.05	0.06	0.073	0.011	0.05
В.П - 2	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05
В.П - 3	0.033	0.026	0.023	0.053	0.031	0.05
В.П - 4	0.057	0.013	0.011	0.02	0.073	0.05
В.П - 5	0.032	0.011	0.016	0.018	0.023	0.05
В.П - 6	0.033	0.011	0.011	0.012	0.016	0.05
В.И - 1	0.023	0.016	0.023	0.033	0.023	0.05
В.И - 2	0.017	0.016	0.017	0.053	0.013	0.05
В.И - 3	0.02	0.011	0.016	0.027	0.013	0.05
В.И - 4	0.022	0.013	0.02	0.018	0.015	0.05

Во табела 12 се прикажани вредности на бакар за период од февруари до декември 2011 година по мерни места на река К. Лакавица, од резултатите може да се забележи дека се во граничните вредности за III класа на води, само во неколку мерни места има отстапување, но сè до самите гранични вредности.



Слика 41. Графички приказ на води 2011 година река К. Лакавица

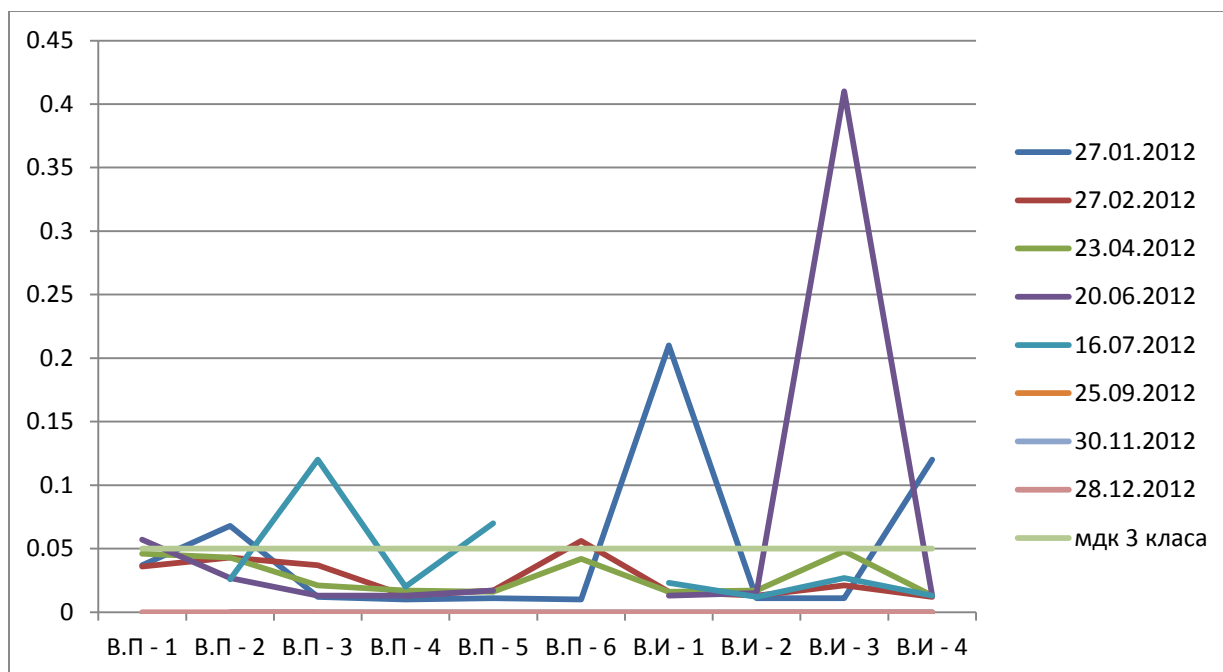
Figure 41. Graphical presentation of results 2011 river K. Lakavica

Табела 13. Мониторинг на води во р. Крива Лакавица за 2012 год.

Table 13. Monitoring of water in the river.Kriva Lakavica for 2012 .

Мерно место	27.01.2012	27.02.2012	23.04.2012	20.06.2012	16.07.2012	25.09.2012	30.11.2012	28.12.2012	мдк з класа
В.П - 1	0.037	0.036	0.046	0.057				< 0.1	0.05
В.П - 2	0.068	0.043	0.043	0.027	0.026	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.05
В.П - 3	0.012	0.037	0.021	0.013	0.12	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.05
В.П - 4	0.01	0.013	0.017	0.013	0.02		< 0.1	< 0.1	0.05
В.П - 5	0.011	0.017	0.016	0.017	0.07	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.05
В.П - 6	0.01	0.056	0.042				< 0.1	< 0.1	0.05
В.И - 1	0.21	0.016	0.016	0.013	0.023		< 0.1	< 0.1	0.05
В.И - 2	0.011	0.013	0.017	0.015	0.012	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.05
В.И - 3	0.011	0.021	0.048	0.41	0.027	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.05
В.И - 4	0.12	0.012	0.013	0.013	0.013	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.05

Во табела 13 се прикажани вредности од мониторингот во 2012 година и концентрации на бакар, каде се забележува пониски содржини на бакар од 2011 година. На одредени мерни места сè уште се над дозволените гранични вредности, но со мали отстапувања.



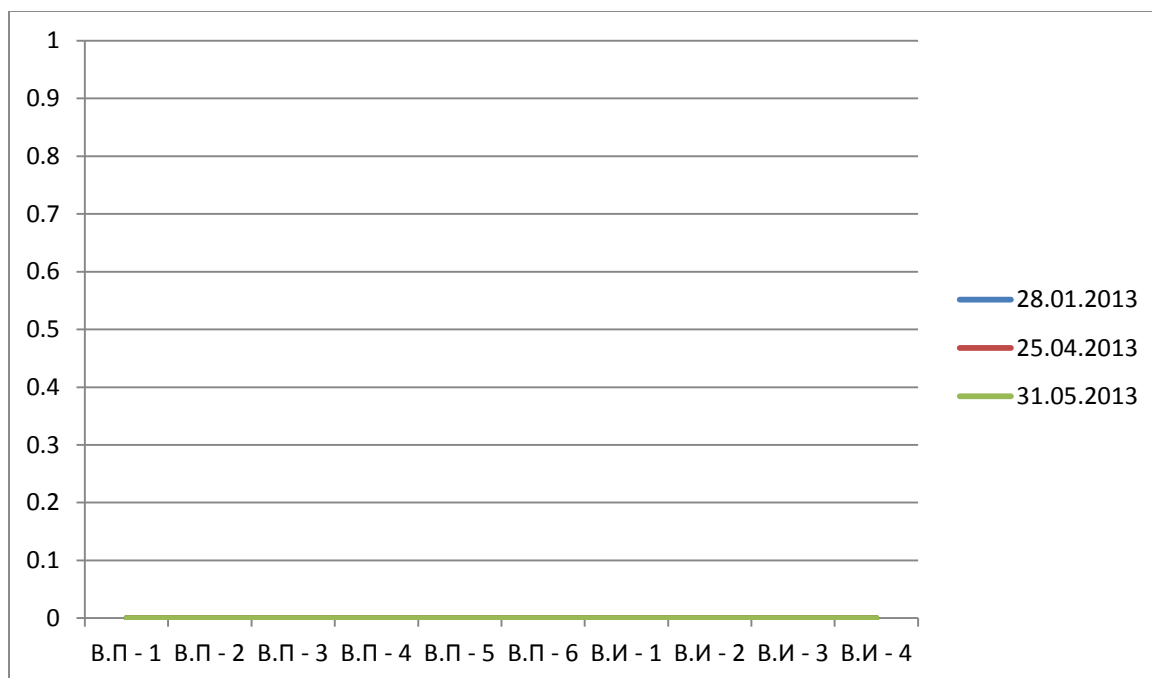
Слика 42. График на мониторинг на води од р. Крива Лакавица 2012 година

Figure 42. Schedule monitoring of waters from river C. Lakavica 2012

Табела 14. Мониторинг на води на р. Крива Лакавица 2013 година

Table 14. Monitoring of the water of the river Kriva Lakavica 2013

Мерно место	28.01.2013	25.04.2013	31.05.2013
В.П - 1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
В.П - 2	< 0.1	< 0.1	< 0.1
В.П - 3	< 0.1	< 0.1	< 0.1
В.П - 4	< 0.1	< 0.1	< 0.1
В.П - 5	< 0.1	< 0.1	< 0.1
В.П - 6	< 0.1	< 0.1	< 0.1
В.И - 1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
В.И - 2	< 0.1	< 0.1	< 0.1
В.И - 3	< 0.1	< 0.1	< 0.1
В.И - 4	< 0.1	< 0.1	< 0.1



Слика 43. График на мониторинг на води од р. Крива Лакавица 2013 година

Figure 43. Schedule monitoring of waters from river Kriva Lakavica 2013

Од табела 14 и график 43 каде се прикажани вредностите на бакар за 2013 година во водите на река К. Лакавица видливо е дека присуството на бакар во водите на реката ги нема од мониторингот извршен во три различни мерења во 2013 година. Од погоре констатираното слободно може да се каже дека мерките кои биле преземени од рудникот „Бучим“ ги дале саканите резултати долж течението на река К. Лакавица.

13. Компаративно моделирање на податоците од поедините мониторинзи поврзани со активностите на Бучимскиот индустриски комплекс пред и по изградбата на инсталацијата за лужење на бакар

а. Моделите и нивната употреба

Терминот модел опишува еден широк спектар на алатки кои можат да се користат за да се интегрираат и да се анализираат расположливи информации и податоци.

Во поширока смисла, целите и задачите на моделирањето можат да бидат двојни: истражувачко-ориентирани и управувачко-ориентирани. Специфичните цели на моделирањето може да го објаснат системот; да го анализираат неговото однесување; да го менаџираат, да раководат или да го контролираат системот за да се постигнат посакуваните резултати да креираат методи за подобрување или модифицирање на системот, да ги тестираат хипотезите за системот, или да го предвидат неговиот исход при различни услови.

Под моделирање на податоци се подразбира определување на функционалната зависност, односно крива која најдобро го опишува трендот на множество на точки. Во статистиката оваа постапка се нарекува регресија а кривата регресиона крива.

При моделирањето лесно може да се прикаже врската помеѓу зависната променлива (податоци) и независната променлива (мерни места). Но, за успешно или поточно кажано задоволително моделирање потребно е податоците да покажуваат одредена корелација. Самите податоци може да бидат во наизглед хаотична дистрибуција, но по одредена обработка на податоците корелацијата да стане видлива. Во пракса, доста често мерните т.е. експерименталните податоци немаат некоја воочлива корелација.

Преку статистички податоци за загадувањето на водата и нивно моделирање може да се оцени количеството на загадувањето на водата.

Денес математичките модели играат голема улога во еколошките студии и проблеми во животната средина како и давање на визуелна слика на степенот на загадување базирано на ГИС.

Хеометријата претставува примена на математички и статистички методи за анализа на хемиски податоци. Тоа е наука која ги поврзува мерењата направени на хемиски системи или процеси кои се однесуваат на состојбата на системот преку примена на математички и статистички методи.

Хеометриските истражувања во себе вклучуваат повеќе различни методи кои може да се применат во хемијата. Постојат техники за правилно собирање на податоци (оптимизација на експериментални параметри, дизајн на експерименти, калибрација, обработка на сигнали) и за екстракција на информации од собрани податоци (статистика, препознавање на облици, моделирање, проценка на структура-својства релации).

Хеометријата претставува мост помеѓу методите и нивната примена во хемијата.

Со помош на математички модели лесно може да се определи вредноста на променливата U_x – претпоставено мерно место, во точката RIV $_x$, ако се познати вредностите U_1, U_2, U_3, \dots , во точките RIV1, RIV2, RIV3.... При тоа мерните места може да бидат произволно распоредени.

Основната идеја на дискретната интерполација се состои во претпоставка дека непознатата U_x може да биде оценета со познатите вредности U_1, U_2, U_3, \dots , при што уделот на секоја точка во проценката се намалува со оддалеченоста од точката за која се врши проценка. Физичката позадина на оваа претпоставка е очекувањето дека вредноста на U_x не може драстично да се разликува од вредностите на најблиските точки. Следниот математички израз ги задоволува претпоставките.

$$U_x = \frac{U_1 \left(\frac{1}{L_{1,x}} \right)^p + U_2 \left(\frac{1}{L_{2,x}} \right)^p + \dots + U_m \left(\frac{1}{L_{m,x}} \right)^p}{\left(\frac{1}{L_{1,x}} \right)^p + \left(\frac{1}{L_{2,x}} \right)^p + \dots + \left(\frac{1}{L_{m,x}} \right)^p}$$

каде: $L_1, L_2, L_3 \dots L_x$ се растојанијата на точката RIV_x од точките $RIV_1, RIV_2, RIV_3 \dots$, а p е позитивен број.

Множеството на сите точки $U_1, U_2, U_3 \dots$ во чија непосредна околина се наоѓа непознатата точка U_x , се нарекува множество на влијание, односно претставува зона на влијание. Значи дека при оценка на непознатата вредност не е потребно да се земат сите точки во пресметките, така да точките со поголема оддалеченост од одредено растојание не влијаат значително и можат да не се вклучат во пресметките. Таквото растојание се нарекува радиус на влијание.

6. Моделирање на оксидацијата на сулфидните одлагалишта

Кислородот е од суштинска важност за оксидацијата на сулфидните во одлагалиштата. Едноставни пресметки покажуваат дека од расположливоста на кислородот зависи стапката на оксидација на сулфидниот отпад (Гибсон и Ричи, 1991). На пример, куп од 50 t сулфидна отпадна карпа има сулфурна концентрација од 2 wt.%.

Значи, одлагалиштето содржи 1 t сулфур, кој според стехиометриските соодноси, ќе бара 1,75 t кислород за неговата оксидација во сулфат. Куп отпад од 50 t со шупливост 0.3 содржи приближно 8×10^{-3} t кислород, што е само 1/200 од 1,75 t потребни за целосна оксидација (Гибсон и Ричи, 1991). Затоа, за да се постигне целосна оксидација на сиот отпад, кислород од атмосферата ќе треба да навлезе во купот отпад.

И навистина, преносот на кислородот до местата на оксидација се смета за постапка што ја ограничува стапката на оксидација во одлагалиштата и во јаловиштата (Ричи, 1994а-б). Преносот на гасна фаза на кислород во купот отпадот од површината до подлабоките места на оксидација се одвива по пат на: (а) дифузија (т.е. протек на кислород предизвикан со градиентот на гасна концентрација); (б) конвекција (т.е. протек на воздух предизвикан со дејство на ветерот, промени во барометарскиот притисок или со топлинска конвекција предизвикана од топлината создадена со егзотермна пиритна реакција); и (в) адвекција (т.е. протек на воздух предизвикан со градиент на топлина или на притисок) (Ричи, 1994а-б; Роуз и Кравота, 1999). Помали количества кислород може да се пренесат

во отпадот и по пат на дифузија или на адвекцијата на течните фази (т.е. протек на кислород преку врнежите што процираат внатре во отпадот).

Релативниот придонес на дифузијата, конвекцијата или на адвекцијата во вкупниот пренос на гасот зависи од повеќе различни параметри, меѓу кои и местоположбата на отпадот во одлагалиштето, составните материјали и минерали, и начинот на кој отпадот бил создаден. Се смета дека дифузниот пренос на кислород преку шуплините исполнети со гас преовладува во незаситени, новоизградени одлагалишта (Ричи, 1994б; Ахиб и др., 2004; Ким и Бенсон, 2004). Урамнотежена дифузија во таквите отпадни материјали ќе создаде кислородни профили со хоризонтално рамни кислородни концентрациски контури. Гасната конвекција е ограничена на рабовите од одлагалиштата, а бидејќи рабовите на одлагалиштето се само мал дел од вкупната зафатнина на отпадот, конвекцијата се занемарува за моделирањето на оксидациската стапка на пиритниот отпад (Ричи, 1994б).

Вообичаената вредност на стапката на трошење кислородот пресметна за одлагалиште на отпадна карпа е од редот 10^{-8} до $10^{-11} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^{-3} \text{ s}^{-1}$ (Бенет и др., 1994; Ричи, 1995; Холингс и др., 2001). Во овој модел се претпоставува дека само пиритот го троши кислородот. Но, кислородот може да се троши и со оксидацијата на други сулфиди, самородни елементи или на органски материи. Освен тоа, стапката на сулфидна оксидација зависи од голем број променливи, меѓу кои и температурата, рН – вредност, концентрација на Fe^{3+} опсегот на честичните величини, површината на минералот, бактериската популација, замената на елементи во трага, степенот на кристализација на пиритот итн. Конечно, стапката на сулфидна оксидација и во рамките на едно одлагалиште се чини дека е колеблива; отпадот може да содржи џебови од пооксидирачки материјали, особено кон рабовите од отпадот (Линклејтери др., 2005). Затоа на овие модели на распаѓање им се потребни понатамошни усовршувања.

Пресметка на реална количина оксидна руда од рудно тело Вршник која се користи во ново изградената фабрика за лужење.

1.000 000 тони оксидна руда

0,3 % содржина на бакар во руда

$1.000\,000 \times 0,3 / 100 = 3.000$ тона бакар искористеност 60 % = 1.800 тона катоден бакар.

14. Заклучок

Влијанието на рударските активности врз животната средина се јавува скоро во сите фази од рударскиот циклус: подготовка на теренот, ископувањето, сепарацијата и преработката на рудата, одводнувањето кое се презема за да се овозможат рударски работи и истекување на загадени води од таложното езеро и атмосферски води од коповските јаловишта. Најголемо влијание врз животната средина има од преработката на минералните сировини и тоа: од самиот процес на обработка на рудата, па сè до депонирање на јаловината на јаловиштата.

Во рудникот „Бучим“ дел од водите од таложното езеро на хидројаловиштето се испуштаат преку стариот зачепен колектор од каде се прифатени дренажните води под самото хидројаловиште и се формира Тополничка Река. Додека дел од водата на самото таложно езеро се враќаат рециркулационо со пумпна станица во процесот на флотацијата.

Покрај сите мерки за контрола и подобрување на квалитетот на водите од хидројаловиштето во рудник „Бучим“ (избистрување со дренажен тепих) во исклучително ретки и краткотрајни моменти можни се физички заматување на дренажните води од колекторот кој ја формира Тополничка Река, но и загадување и испуштање на тешки метали во речното корито не се забележани, единствено заматувањето е со сивкаста боја на водата, што значи има физико загадување додека хемиски водата е чиста. Вакви појави на заматување има при секој посилен дожд во самата Тополничка Река од ерозија од самото сливно подрачје каде нема влијание рудникот „Бучим“.

Заради долготрајно емитување на штетните материи со водата и воздухот како транспортни медиуми, нивната концентрација во почвата постојано се зголемува, со што доаѓа до глобално деградирање на почвата на еден поголем регион.

Од загадената почва тешките метали навлегуваат во растенијата и земјоделските култури, предизвикувајќи низа физиолошко-биохемиски пореметувања кај нив.

Токму поради овие причини, со цел да се добие комплетна претстава за состојбата на квалитетот на почвите во околината на рудникот „Бучим“ се направи

испитување на повеќе локации со претходно утврдени точки за земање на примероци од почва, опфатени во овој магистерски труд.

Резултатите покажаа дека на поблиската и подалечната околина на рудникот „Бучим“ според холанскиот стандард не ги надминуваат граничните вредности во однос на присуство на бакар во почва со исклучок на незначителен број на мерни места.

Создавањето на коповски јаловишта во Јасенов и Бучимски Дол се создава исцедок кој е со ниска рН вредност и концентрации на бакар во зависност од протокот на вода може да се движи од 100 до 800 Mg /l.

Големите количини на бакар и постојаното течење на водите од коповското јаловиште придонесуваше за загадување на Маденска Река.

Со пуштањето во работа на постројка за добивање на бакар со метода на лужење од оксидно - сулфидните руди на рудникот „Бучим“, со локација на простор под одлагалиштето бр. 1 се овозможи и третирање на одлагалиштето како техногено наоѓалиште на севкупните количини на депонирани рудни маси третирани како јаловина на преку 120.000.000 t, со просечни содржини на бакар од 0,080%, сулфидниот рудничкиот отпад депониран тука е реална подлога за загадување на човековата околина (води, почви и растенија), но и извор на економски бенефит.

Во рамките на рудникот „Бучим“ се применува лужење на куп. Овој проект претставува продолжение на започнатите активности, со што конечно е решен проблемот со загадување на површинските води во околината на Бучим со загадените дренажни води, а решението покрај еколошки има и економски карактер.

Комплексот ќе произведува до 2400 t бакар годишно. Имено, во рудникот за бакар и злато „Бучим“ од 2015 година се воведени некои ISO стандарди, меѓу кои и Стандард за управување со животна средина – ISO 14001. Со воведување на овој ISO стандард се води поголема грижа и за животната средина. Денес работите и проблемите се надминуваат во добар правец, иако сè уште постојат ризици и можни непредвидливи случаи кои може да направат проблеми на околината на рудникот и загрозување на животната средина.

15. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

- Anderson, CWN., Brooks, RR., Stewart, RB., Simcock, R.** (1998) Harvesting a crop of gold in plants. *Nature* 395:553–554.
- Appelo, CAJ., Postma, D.** (1999) *Geochemistry, groundwater and pollution*. Balkema, Rotterdam.
- Appleyard, E.C., Blowes, D.W.** (1994) Applications of mass-balance calculations to weathered sulfide mine tailings. *Environmental Geochemistry of Sulfide Oxidation*, C.N. Alpers and D.W. Blowes, Eds., American Chemical Society, Symposium Series Vol. 550, pp. 516-534.
- Ariza, LM.** (1998) River of vitriol. *Sci Amer* 279(3):15–18.
- Ashley, PM., Lottermoser, BG.** (1999a) Geochemical, mineralogical and biogeochemical characterisation of abandoned metalliferous mine sites, southern New England Orogen. In: *Proceedings of the NEO'99 Conference*. Armidale, Division of Earth Sciences, University of New England, pp. 409–418.
- Bennett, JW., Ritchie, AIM.** (1993) Bio-oxidation of pyrite in mine wastes. Mechanisms which govern pollutant generation. In: *Biomine '93, International conference and workshop applications of biotechnology to the minerals industry*. Australian Mineral Foundation, Glenside, pp. 12.1–12.9.
- Bermanec, V., Žigovečki, Ž., Tomašić, N., Palinkaš, L.A., Kniewald, G., Serafimovski, T.** Stream sediment mineralogy as indicator of environmental impact of copper deposits exploitation in Buchim, Macedonia (2005) 3rd International Workshop on the UNESCO – IGCP Project: Anthropogenic Effects on the human Environment in Tertiary Basins in the Mediterranean, Štip, 87 – 90.
- Birke, M., Rauch, U.** (1999) Trace metals in the Berlin metropolitan area. *Proc. 5th Int. Conf. Biogeochem. Trace Elements*, Viena, p. 628.
- Blowes, DW., Ptacek, CJ.** (1994) Acid-neutralization mechanisms in inactive mine tailings. In: Jambor JL, Blowes DW (eds) *Environmental geochemistry of sulfide mine-wastes*. Mineralogical Association of Canada, Nepean (Short course handbook, vol 22, pp 271–292).
- Boev, B., Zivanovic, J., Lepitkova, S.** (2005) Selenium and other trace elements in the soils of the Tikves region. 3rd International Workshop on the UNESCO – IGCP Project: Anthropogenic Effects on the human Environment in Tertiary Basins in the Mediterranean, Štip, 23 – 35.
- Boon, M., Snijder, M., Hansfrod, GS., Heijnen, JJ.** (1998) The oxidation kinetics of zinc sulphide with *Thiobacillus ferrooxidans*. *Hydrometall* 48:171–186.
- Brake, SS., Dannelly, HK., Connors, KA. (2001a)** Controls on the nature and distribution of an alga in coal mine-waste environments and its potential impact on water quality. *Environ Geol* 40:458–469.
- Brooks, RR.** (1998) Plants that hyperaccumulate heavy metals: their role in phytoremediation, microbiology, archaeology, mineral exploration and phytomining. CAB International, Wallingford.
- Brown, M., Barley, B., Wood, H.** (2002) *Minewater treatment: technology, application and*

- policy. International Water Association Publishing.
- Craw, D., Chappell, D., Nelson, M., Walrond, M. (1999)** Consolidation and incipient oxidation of alkaline arsenopyrite-bearing mine tailings, Macreas Mine, New Zealand. *Appl Geochem* 14:485–498.
- Crock, JG., Arbogast, BF., Lamothe, PJ. (1999)** Laboratory methods for the analysis of environmental samples. In: Plumlee GS, Logsdon MS (eds) *The environmental geochemistry of mineral deposits. Part A: Processes, techniques and health Issues*. Society of Economic Geologists, Littleton (Reviews in economic geology, vol 6A, pp. 265–287).
- Davies, MP., Martin, TE. (2000)** Upstream constructed tailings dams – a review of the basics. In: *Tailings and mine waste '00*. Balkema, Rotterdam, pp 3–15.
- Demchak, J., Skousen, J., McDonald, LM. (2004)** Longevity of acid discharges from underground mines located above regional water table. *J Environ Qual* 33:656–668. 156
- Deutsch, WJ. (1997)** *Groundwater geochemistry: fundamentals and applications to contamination*. Lewis Publishers, Boca Raton.
- Диклић, Н. Р. (1972)** pseudo-acacia L. 1753 У: Јосифовић М (ed.) *Флора СР Србије IV*. САНУ: Београд.
- Environment Australia (1997)** *Managing sulphidic mine wastes and acid drainage. Best practice environmental management in mining*. Environment Australia, Canberra.
- Evangelou, VP. (1995)** *Pyrite oxidation and its control*. CRC Press, Boca Raton.
- Evangelou, VP., Zhang, YL. (1995)** A review: pyrite oxidation mechanisms and acid mine drainage prevention. *Crit Rev Environ Sci Technol* 25:141–199.
- Ferguson, KD., Erickson, PM. (1988)** Pre-mine prediction of acid mine drainage. In: Salomons W, Förstner U (eds) *Environmental management of solid waste, dredged material and mine tailings*. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 24–43.
- Ferris, FG., Tazaki, K., Fyfe, WS. (1989)** Iron oxides in acid mine drainage environments and their association with bacteria. *Chem Geol* 74:321–330.
- Ficklin, WH., Mosier, EL. (1999)** Field methods for sampling and analysis of environmental samples for unstable and selected stable constituents. In: Plumlee GS, Logsdon MS (eds) *The environmental geochemistry of mineral deposits. Part A: Processes, techniques and health issues*. Society of Economic Geologists, Littleton (Reviews in Economic Geology, vol 6A, pp 249–264).
- Ford, RC. (2000)** Closure of copper heap leach facilities in semi-arid and arid climates: challenges for strategic management of acid drainage. In: *Proceedings from the 5th international conference on acid rock drainage, vol 2*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Littleton, pp. 1283–1289.
- Furniss, G., Hinman, NW., Doyle, GA., Runnells, DD. (1999)** Radiocarbon-dated ferricrete provides a record of natural acid rock drainage and paleoclimatic changes. *Environ Geol* 37:102–106.
- Gerke, HH., Molson, JW., Frind, EO. (2001)** Modelling the impact of physical and chemical heterogeneity on solute leaching in pyritic overburden mine spoils. *Ecol Eng* 17:91–101.
- Gibson. DK., Ritchie, AIM. (1991)** Options to control acid generation in existing pyritic mine

- waste dumps. In: Randol Gold Forum Cairns '91, pp 109–111.
- Gould, WD., Bechard, G., Lortie, L.** (1994) The nature and role of microorganisms in the tailings environment. In: Jambor JL, Blowes DW (eds) Environmental geochemistry of sulfide mine-wastes. Mineralogical Association of Canada, Nepean (Short course handbook, vol 22, pp. 185–199).
- Hadzi Jordanov, S., Maletic, M., Tasev, Z.** (2007) Risk assessment at Buchim Copper Mine, FRR. Of Macedonia. Faculty of technology and metallurgy (FTM) – Skopje
- Harries, JR.** (1997) Acid mine drainage in Australia: its extent and potential future liability. Supervising Scientist report 125. Supervising Scientist, Canberra.
- Hodson, ME.** (2004) Heavy metals: geochemical bogey men? Environ Poll 129:341–343.
- Hoenig, M.** (2001) Preparation steps in environmental trace element analysis – facts and traps, Talanta, 54, 2021 – 1038.
- Holmström, H., Öhlander, B.** (1999) Oxygen penetration and subsequent reactions in flooded sulphidic mine tailings: a study at Stekenjokk, northern Sweden. Appl Geochem 14:747–759.
- Jambor, JL.** (1994) Mineralogy of sulfide-rich tailings and their oxidation products. In: Jambor JL, Blowes DW (eds) Environmental geochemistry of sulfide mine-wastes. Mineralogical Association of Canada, Nepean (Short course handbook, vol 22, pp 59–102).
- Jambor, JL., Blowes, DW., Ptacek, CJ.** (2000b) Mineralogy of mine wastes and strategies for remediation. In: Vaughan DJ, Wogelius RA (eds) Environmental mineralogy. EMU Notes in Mineralogy, vol 2, pp 255–290.
- Johansson, L., Xydas, C., Messios, N., Stoltz, E., Greger, M.** (2005) Growth and Cu accumulation by plants grown on Cu containing mine tailings in Cyprus. Appl Geochem 20:101–107.
- 157
- Johnson, DB.** (1998a) Biological abatement of acid mine drainage: the role of acidophilic protozoa and other indigenous microflora. In: Geller W, Klapper H, Salomons W (eds) Acidic mining lakes. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 285–301.
- Jurjovec, J., Ptacek, CJ., Blowes DW** (2002) Acid neutralization mechanisms and metal release in mine tailings: a laboratory column experiment. Geochim Cosmochim Acta 66:1511–1523.
- Kabata – Pendias, A., Pendias, H.** (2001) Trace elements in soil and plants, Third Edition. CRC Press, Boca Raton, p. 16.
- Keith, CN., Vaughan, DJ.** (2000) Mechanisms and rates of sulphide oxidation in relation to the problems of acid rock (mine) drainage. In: Cotter-Howells JD, Campbell LS, Valsami-Jones E, Batchelder M (eds) Environmental mineralogy: microbial interactions, anthropogenic influences, contaminated land and waste management. Mineralogical Society, London (Mineralogical Society Series no 9, pp. 117–139).
- Kleinmann, RLP.** (1989) Acid mine drainage in the United States: controlling the impact on streams and rivers. In: 4th world congress on the conservation of built and natural environments. University of Toronto, pp. 1–10.
- Kwong, Y TJ.** (1993) Mine site acid rock drainage assessment and prevention: a new challenge for a mining geologist. In: Proceedings of the international mining geology

- conference, Kalgoorlie, pp 213–217.
- Lachmar, T., Burk, NI., Kolesar, PT.** (2006) Groundwater contribution of metals from an abandoned mine to the North Fork of the American Fork River, Utah. *Water Air Soil Poll* 173:103–120.
- Lambert, DC., McDonough, KM., Dzombak, DA.** (2004) Long-term changes in quality of discharge water from abandoned coal mines in Uniontown Syncline, Fayette County, PA, USA. *Water Res* 38:277–288.
- Lapakko, K.** (2002) Metal mine rock and waste characterization tools: an overview. International Institute for Environment and Development (<http://www.iied.org/mmsd/>).
- Lasaga, AC., Berner, RA.** (1998) Fundamental aspects of quantitative models for geochemical cycles. *Chem Geol* 145:161–175.
- Leblanc, M., Achard, B., Othman, DB., Luck, JM., Bertrand-Sarfati, J., Personné, JC.** (1996) Accumulation of arsenic from acidic mine waters by ferruginous bacterial accretions (stromatolites). *Appl Geochem* 11:541–554.
- Li, MG., Jacob, C., Comeau, G.** (1996) Decommissioning of sulphuric acid-leached heap by rinsing. In: *Tailings and mine waste '96*. Balkema, Rotterdam, pp. 295–304.
- Lin, Z.** (1997) Mineralogical and chemical characterization of wastes from the sulfuric acid industry in Falun, Sweden. *Environ Geol* 30:152–162.
- Linklater, CM., Sinclair, DJ., Brown, PL.** (2005) Coupled chemistry and transport modeling of sulphidic waste rock dumps at the Aitik mine site, Sweden. *Appl Geochem* 20:275–293.
- Ljungberg, J., Öhlander, B.** (2001) The geochemical dynamics of oxidising mine tailings at Laver, northern Sweden. *J Geochem Explor* 74:57–72.
- Lottmoser, BG.** (2007) *Mine Wastes: Characterization, treatment and environmental impacts*, 304, School of Earth and Environmental Sciences, James Cook University, Australia.
- Luther, GW.** (1987) Pyrite oxidation and reduction: molecular orbital theory considerations. *Geochim Cosmochim Acta* 51:3193–3199.
- McCarty, DK., Moore, JN., Marcus, WA.** (1998) Mineralogy and trace element association in an acid mine drainage iron oxide precipitate: comparison of selective extractions. *Appl Geochem* 13:165–176.
- McKnight, DM., Kimball, BA., Bencala, KE.** (1988) Iron photoreduction and oxidation in an acidic mountain stream. *Science* 240:637–640.
- Mendez, M., Maier, M.** (2008) Phytostabilization of mine tailings in arid and semiarid environments – An emerging remediation Technology, Department of Soil, Water, and Environmental Science, University of Arizona, Tucson, Arizona, USA, 158 *Environmental Health Perspectives* Volume 116, Number 3
<http://www.ehponline.org/members/2007/10608/10608.pdf>.
- Miller, SD.** (1998b) Theory, design and operation of covers for controlling sulfide oxidation in waste rock dumps. In: McLean RW, Bell LC (eds) *Proceedings of the 3rd Australian acid mine drainage workshop*. Australian Centre for Minesite Rehabilitation Research, Brisbane, pp. 115–126.
- Mitchell, P.** (2000) Prediction, prevention, control and treatment of acid rock drainage. In: Warhurst A, Noronha L (eds) *Environmental policy in mining: corporate strategy and planning for closure*. Lewis Publishers, Boca Raton, pp. 117–143.

- Михајлов, М., Сидеровски, К., Стафилов, Т и Серафимовски, Т..** Студија за оцена на влијанието врз животната средина. Стручен фонд ДПТУ Бучим–Радовиш. 171 стр., 2011.
- Morin, KA., Hutt, NM.** (1994) An empirical technique for predicting the chemistry of water seeping from mine-rock piles. In: Proceedings of the international land reclamation and mine drainage conference and 3rd international conference on the abatement of acidic drainage, vol 1. United States Department of the Interior, Bureau of Mines (Special Publication SP06A-94, pp 12–19).
- Morin, KA., Hutt, NM.** (1997) Environmental geochemistry of minesite drainage. MDAG Publication, Vancouver.
- Munk, LA., Faure, G., Pride, DE., Bigham, JM.** (2002) Sorption of trace metals to an aluminum precipitate in a stream receiving acid rock-drainage: Snake River, Summit County, Colorado. *Appl Geochem* 17:421–430.
- Munroe, EA., McLemore, VT., Kyle, P.** (1999) Waste rock pile characterization, heterogeneity, and geochemical anomalies in the Hillsboro Mining District, Sierra County, New Mexico. *J Geochem Explor* 67:391–405.
- Nordstrom, DK., Alpers, CN.** (1999b) Negative pH, efflorescent mineralogy, and consequences for environmental restoration at the Iron Mountain Superfund site, California. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 96:3455–3462.
- Николоска, Н.,** А дозвола за усогласување со оперативен план за рудник Бучим, Радовиш. 69 стр.
- Ollier, CD., Pain, CF.** (1997) *Regolith, soils and landforms*. Wiley, New York
- Parker, G.** (1999) A critical review of acid generation resulting from sulfide oxidation: processes, treatment and control. In: *Acid drainage*. Australian Minerals & Energy Environment Foundation, Melbourne (Occasional paper no 11, pp. 1–182).
- Paschke, SS., Harrison, WJ., Walton-Day, K.** (2001) Effects of acidic recharge on groundwater at the St. Kevin Gulch site, Leadville, Colorado. *Geochem Explor Environ Anal* 1:3–14.
- Perkins, EH., Gunter, WD., Nesbitt, HW., St-Arnaud, LC.** (1997) Critical review of classes of geochemical computer models adaptable for prediction of acidic drainage from mine waste rock. In: *Proceedings from the 4th international conference on acid rock drainage*, vol. 2. Vancouver, pp. 587–601.
- Pilon-Smits, EAH., Zhu, Y-L., Terry, N.** (2000) Improved metal phytoremediation through plant biotechnology. In: *Tailings and mine waste '00*. Balkema Publishers, Rotterdam, pp 317–320.
- Pirrie, D., Camm, GS., Sear, LG., Hughes, SH.** (1997) Mineralogical and geochemical signature of mine waste contamination, Tresillian River, Fal Estuary, Cornwall, UK. *Environ Geol* 29:58–65.
- Plumlee, GS.** (1999) The environmental geology of mineral deposits. In: Plumlee GS, Logsdon MS (eds) *The environmental geochemistry of mineral deposits. Part A: Processes, techniques and health issues*. Society of Economic Geologists, Littleton (Reviews in economic geology, vol 6A, pp 71–116).
- Posey, HH., Renkin, ML., Woodling, J** (2000) Natural acid drainage in the upper Alamosa River of Colorado. In: *Proceedings from the 5th international conference on acid rock drainage*, vol 1. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Littleton, pp 485–498.

- Puura, E., Neretnieks, I.** (2000) Atmospheric oxidation of the pyritic waste rock in Maardu, Estonia. 2: An assessment of aluminosilicate buffering potential. *Environ Geol* 39:560–566.
- Rimstidt, JD., Chermak, JA., Gagen, PM.** (1994) Rates of reaction of galena, sphalerite, chalcopyrite and arsenopyrite with Fe(III) in acidic solutions. In: Alpers CN, Blowes DW (eds) *Environmental geochemistry of sulfide oxidation*. American Chemical Society, Washington DC (Symposium Series 550, pp 2–13).
- Rimstidt, JD., Vaughan, DJ.** (2003) Pyrite oxidation: a state-of-the-art assessment of the reaction mechanism. *Geochim Cosmochim Acta* 67:873–880.
- Ritcey GM** (1989) *Tailings management. Problems and solutions in the mining industry*. Elsevier, Amsterdam.
- Robertson, WD.** (1994) The physical hydrogeology of mill-tailings impoundments. In: Jambor JL, Blowes DW (eds) *Environmental geochemistry of sulfide mine-wastes*. Mineralogical Association of Canada, Nepean (Short course handbook, vol 22, pp 1–17).
- Robinson, B.H., Chiarucci, A., Brooks, RR., Petit, D., Kirkman, JH., Gregg, PEH., Dominicus de, V.** (1997) The nickel hyperaccumulator plant *Alyssum bertolonii* as a potential agent for phytoremediation and phytomining of nickel. *J Geochem Explor* 59:75–86.
- Rodushkin, I., Ruth, T., Huhtasaari Å.** (1999) Comparison of two digestion methods for elemental determinations in plant material by ICP techniques, *Analytica Chimica Acta*, 378, 191 – 200.
- Ripley, EA., Redmann, RE., Crowder, AA.** (1996) *Environmental effects of mining*. St Lucie Press, Delray Beach.
- Romano, P., Blazquez, ML., Alguacil, FJ., Munoz, JA., Ballester, A., Gonzalez, F.** (2001) Comparative study on the selective chalcopyrite bioleaching of a molybdenite concentrate with mesophilic and thermophilic bacteria. *FEMS Microbiol Lett* 196:71–75.
- Sagiroglu, A., Sasmaz, A., Sen, Ö.** (2005) Hyperaccumulator plants of the Keban Mining District and their possible impact on the environment. *Polish J. Environ. Stud.* Vol. 15, No. 2, 317 – 325.
- Salomons, W.** (1995) Environmental impact of metals derived from mining activities: processes, predictions, prevention. *J Geochem Explor* 52:5–23.
- Schemel, LE., Kimball, BA., Bencala, KE.** (2000) Colloid formation and metal transport through two mixing zones affected by acid mine drainage near Silverton, Colorado. *Appl Geochem* 15:1003–1018.
- Seal, RR., Hammarstrom, JM.** (2003) Geoenvironmental models of mineral deposits: examples from massive sulfide and gold deposits. In: Jambor JL, Blowes DW, Ritchie AIM (eds) *Environmental aspects of mine wastes*. Mineralogical Association of Canada, Nepean (Short course handbook, vol 31, pp 11–50).
- Сарафилоски, С., и Конзулов, Г.,** Интерен мониторинг и годишен извештај за води од околината на Бучим за 2013 година. Стручен фонд на рудник Бучим. 15 стр.
- Serafimovski, T., Alderton, H. M. D., Dolanec, T., Tasev, G., Dolanec, M.** (2005) Metal pollution around Bučim mine. 3rd International Workshop on the UNESCO – IGCP Project: Anthropogenic Effects on the human Environment in Tertiary Basins in the Mediterranean, Štip, 36 – 56.

- Serafimovski, T., Alderton, H. M. D., Mullen, B., Fairall, K.** (2004) Pollution associated with metal mining in Macedonia, 32nd International Geological Congress, Florence.
- Serafimovski, T., Mihajlov, M., Siderovski, K., Tasev, G., Konzulov, G.** (2011) Anthropogenic influence of the Buchim mine waste dump and hydrotailing to the surface and ground waters in the Lakavica basin, Macedonia. 3rd International Workshop on the UNESCO – IGCP Project: Anthropogenic Effects on the human Environment in Neogene Basins in the SE Europe, Štip – R. Macedonia, 39 – 52.
- Sherlock, E.J., Lawrence, R.W., Poulin, R.** (1995) On the neutralization of acid rock drainage by carbonate and silicate minerals. *Environ Geol* 25:43–54.
- Shum, M., Lavkulich, L.** (1999) Speciation and solubility relationships of Al, Cu and Fe in solutions associated with sulfuric acid leached mine waste rock. *Environ Geol* 38:59–68.
- Singer, P.C., Stumm, W.** (1970) Acid mine drainage: rate-determining step. *Science* 167:1121–1123.
- Smith, K.S.** (1999) Metal sorption on mineral surfaces: an overview with examples relating to mineral deposits. In: Plumlee GS, Logsdon MS (eds) *The environmental geochemistry of mineral deposits. Part A: Processes, techniques and health issues.* Society of Economic Geologists, Littleton (Reviews in economic geology, vol 6A, pp 161–182).
- Smith, A., Robertson, A., Barton-Bridges, J., Hutchison, I.P.G.** (1992) Prediction of acid generation potential. In: Hutchison I.P.G., Ellison R.D. (eds) *Mine waste management.* Lewis Publishers, Boca Raton, pp. 123–199.
- SMME (Society for Mining, Metallurgy, and Exploration)** (1998) Remediation of historical mine sites: technical summary and bibliography. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Littleton.
- Šmuc, N.R., Dolenec, T., Serafimovski, T., Tasev, G., Dolenec, M., Vrhovnik, P.** (2011) Transfer factor evaluation in the Kočani field soil – plant system (Republic of Macedonia). 3rd International Workshop on the UNESCO – IGCP Project: Anthropogenic Effects on the human Environment in Neogene Basins in the SE Europe, Ljubljana - Slovenia, 15 – 20.
- Stafilov, T., Balabanova, B., Šajn, R., Bačeva, K., Boev, B.** (2010) Geochemical atlas of Radoviš and the environs and the distribution of heavy metals in the air. Faculty of Natural Sciences and Technical, Skopje.
- Stouraiti, C., Xenidis, A., Paspaliaris, I.** (2002) Reduction of Pb, Zn and Cd availability from tailings and contaminated soils by the application of lignite fly ash. *Water Air Soil Poll* 137:247–265.
- Strömberg, B., Banwart, S.A.** (1999) Experimental study of acidity-consuming processes in mine waste rock: some influences of mineralogy and particle size. *Appl Geochem* 14:1–16.
- Stumm, W., Morgan, J.J.** (1995) *Aquatic chemistry*, 3rd edn. Wiley, New York.
- Sverdrup, H.U.** (1990) *The kinetics of base cation release due to chemical weathering.* Lund University Press, Lund.
- Thornton, I., Ramsey, M., Atkinson, N.** (1995) *Metals in the global environment: facts and misconceptions.* International Council on Metals and the Environment, Ottawa..
- Trendafilov, A., Andonski, A., Trendafilov, B.** (2007) Project for biological reclamation of

the tailing dam “Topolnica” and its immediate surroundings. Faculty of forestry, Skopje.

- Warhurst, A.** (2000) Mining, mineral processing, and extractive metallurgy: an overview of the technologies and their impact on the physical environment. In: Warhurst A, Noronha L (eds) Environmental policy in mining: corporate strategy and planning for closure. Lewis Publishers, Boca Raton, pp. 33–56.
- Younger, PL., Banwart, SA., Hedin, RS.** (2002) Mine water: hydrology, pollution, remediation. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Čifliganec, V.** (1993) Copper mineralization in the Republic of Macedonia: Types and distribution patterns: With special reference to the porphyry copper deposit Bučim. Faculty of mining and Geology – Štip, Skopje, 303, 5 – 12.